Handbuch
der
physiologischen Methodik

Unter Mitwirkung
von

L. Asher, Bern; **A. Bethe,** Strassburg; **Chr. Bohr,** Kopenhagen; **K. Bürker,** Tübingen; **W. Caspari,** Berlin; **J. R. Ewald,** Strassburg; **O. Fischer,** Leipzig; **O. Frank,** München; **M. von Frey,** Würzburg; **S. Garten,** Giessen; **A. Gullstrand,** Upsala; **F. B. Hofmann,** Innsbruck; **R. Magnus,** Utrecht; **L. Michaëlis,** Berlin; **W. Nagel,** Rostock; **C. Oppenheimer,** Berlin; **I. P. Pawlow,** St. Petersburg; **J. Poirot,** Helsingfors; **A. Pütter,** Göttingen; **M. Rubner,** Berlin; **K. Schäfer,** Berlin; **F. Schenck,** Marburg; **J. Steiner,** Köln; **W. Trendelenburg,** Freiburg i. B.; **W. Wirth,** Leipzig; **N. Zuntz,** Berlin und **H. Zwaardemaker,** Utrecht

herausgegeben
von

Robert Tigerstedt

Dritter Band

4. Abteilung

Zentrales Nervensystem

Mit 92 Figuren

Leipzig
Verlag vo

Handbuch
der
physiologischen Methodik

Unter Mitwirkung

von

L. Asher, Bern; **A. Bethe,** Strassburg; **Chr. Bohr,** Kopenhagen; **K. Bürker,** Tübingen; **W. Caspari,** Berlin; **J. R. Ewald,** Strassburg; **O. Fischer,** Leipzig; **O. Frank,** München; **M. von Frey,** Würzburg; **S. Garten,** Giessen; **A. Gullstrand,** Upsala; **F. B. Hofmann,** Innsbruck; **R. Magnus,** Utrecht; **L. Michaëlis,** Berlin; **W. Nagel,** Rostock; **C. Oppenheimer,** Berlin; **I. P. Pawlow,** St. Petersburg; **J. Poirot,** Helsingfors; **A. Pütter,** Göttingen; **M. Rubner,** Berlin; **K. Schäfer,** Berlin; **F. Schenck,** Marburg; **J. Steiner,** Köln; **W. Trendelenburg,** Freiburg i. B.; **W. Wirth,** Leipzig; **N. Zuntz,** Berlin und **H. Zwaardemaker,** Utrecht

herausgegeben

von

Robert Tigerstedt

Dritter Band

4. Abteilung

Zentrales Nervensystem

Mit 92 Figuren



Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1910

Inhaltsverzeichnis.

Dieses Blatt ist beim Einbinden des vollständigen Bandes zu entfernen.

4. Abteilung:

Zentrales Nervensystem

I.

Das zentrale Nervensystem der warmblütigen Tiere

von

Wilhelm Trendelenburg in Freiburg i. B.

(Mit 53 Figuren.)

A. Vorbemerkungen.

„Tout, dans les recherches expérimentales, dépend de la méthode; car c'est la méthode qui donne les résultats.“ Diese Worte, mit denen Flourens[92]) die Darstellung der allgemeinen Grundsätze seiner Methoden einleitet, haben auch heutzutage noch vollste Gültigkeit, und nicht zum mindesten gerade in dem Gebiet, zu dessen wissenschaftlicher Erschließung Flourens so bedeutenden Anstoß gab, dem Studium der Funktionen des zentralen Nervensystems. Gewiß wird auch hier die Art der Fragestellung von entscheidendem Einfluß auf die Ergebnisse sein: oft aber zeigte sich, daß Fragen, die seit Beginn der experimentellen Untersuchung des Nervensystems im Vordergrunde standen, lange fruchtlos hin- und hergewendet wurden, bis die geeignete Methodik gefunden war. So werden gewiß auch in Zukunft weitere Aufschlüsse von neuen Fragestellungen zu erwarten sein, mehr aber vielleicht noch von einer planmäßigen Fortführung der Methodik, die ja allerdings selbst wieder zu neuen Fragen führt.

Als Ziel der methodischen Bestrebungen in dem hier in Betracht kommenden Gebiet der Experimentalphysiologie kann im allgemeinen das bezeichnet werden, die Funktionen des Zentralnervensystems zu erkennen, festzustellen, welche Teile an bestimmten Leistungen beteiligt sind, in welcher Weise die einzelnen, sich morphologisch gegeneinander abgliedernden Teile zusammenarbeiten und voneinander abhängen. Im wesentlichen stehen uns bei diesen Bestrebungen nur zwei Methoden zur Verfügung, die sich gegenseitig ergänzen: die Methode, durch Reizung die Tätigkeit eines Teils zu steigern und aus dem Erfolg einen Schluß auf die normale Bedeutung zu ziehen, und die Methode, durch Ausschaltung seine Tätigkeit zu vernichten und aus den Ausfallerscheinungen wiederum das normale Geschehen zu ermitteln. Es ist klar, daß die beiden Arten von Eingriffen frei von unbeabsichtigten Nebenwirkungen sein müssen; bei der Reizung darf keine Zerstörung mitspielen, und bei der funktionellen Ausschaltung darf nicht gleichzeitig ein Reiz für die stehenbleibenden Abschnitte gesetzt werden. Auch müssen Fernwirkungen auf nicht direkt an den Eingriffen beteiligte Gegenden vermieden sein. Streng genommen würde es deshalb notwendig sein, an

dieser Stelle zunächst eine allgemeine Kritik der Methoden zu geben, also zu untersuchen, inwieweit die zur Verfügung stehenden besonderen Maßnahmen diesen strengen Anforderungen genügen. Während sich diese Frage für die besten der vorhandenen Reizmethoden ohne weiteres bejahen läßt, ist die Sachlage für die Ausschaltungen so verwickelt und von einer je nach den besonderen Umständen so verschiedenen Komplikation, daß es unmöglich ist, hier eine erschöpfende Darstellung zu geben. Das mißlichste liegt darin, daß man gar keinen sicheren Maßstab dafür besitzt, nach dem ohne weiteres gesagt werden kann, ob in einem bestimmten Fall lediglich eine Ausschaltung erfolgt ist; wollen wir doch gerade durch den Eingriff erst erfahren, welches die Erscheinungen des Funktionsausfalls sind. Mithin kommt hier für das Urteil auch sehr viel auf die Gesamterfahrung des einzelnen an. Im ganzen möchte ich glauben, daß die unmittelbaren Reizwirkungen eines Schnittes eher überschätzt werden, besonders, wenn Reizungen angenommen werden, welche diejenige Zeitdauer überschreiten, nach welcher die Fasern, die gereizt worden sein sollen, schon der Degeneration anheimgefallen sind. Sehr wichtig scheinen mir in dieser Hinsicht die von chirurgischer Seite (Prince[265]) gemachten Erfahrungen zu sein, daß nach Hinterwurzeldurchschneidungen, die am Menschen zu bestimmten therapeutischen Zwecken vorgenommen wurden, der Patient schon nach dem Aufwachen aus der Narkose keine Schmerzen hatte; schon in dieser kurzen Zeit mußten also etwa vorhanden gewesene Reizwirkungen des Schnitts erloschen sein.*) Schnitte, Ligaturen und dergleichen werden also nur dann als Reizmethoden in Betracht kommen, wenn es sich nur um das Studium der schnell vorübergehenden Reizwirkungen handelt, und sie sind andererseits recht zuverlässige Mittel zur Ausschaltung, wenn der Versuchszweck es ermöglicht, diese vorübergehenden Reizwirkungen vor der näheren Untersuchung abklingen zu lassen.

Unter den weiteren Folgeerscheinungen der zur Ausschaltung dienenden Eingriffe kommt fernerhin der „Shock" in Betracht, eine noch wenig analysierte Erscheinung, unter der wohl auch verschiedene Dinge verstanden werden. Soweit es sich dabei um Wirkungen starker, plötzlich einwirkender Reize auf lebenswichtige Teile (Gefäß-, Herzvagus-, Atmungszentrum) handelt, lassen sich diese Störungen am besten durch eine tiefe Narkose vermeiden, deren Wirkung wohl dadurch zustande kommt, daß sie die Erregbarkeit der Bahnen herabsetzt, so daß die genannten Reize sich nicht so leicht und so weit ausbreiten können; ferner setzt die tiefe Narkose den Blutdruck schon so weit herab, daß nun die Operationen am Zentralnervensystem keine so eingreifende Änderung im Zustand des Gefäßsystems mehr hervorrufen, als es bei weniger tiefer Narkose oder ohne dieselbe der Fall sein würde.

Aber auch an den Teilen, deren Funktionsaufhebung durch den Eingriff beabsichtigt war, können Folgen auftreten, deren Natur als reine Ausfallserscheinung zweifelhaft sein kann, und die in der verschiedensten Weise bezeichnet und gedeutet worden sind, wiederum als Shock, als Isolierungsveränderungen, als Diaschisis, und welche wohl von den Reizerscheinungen

*) Daß der zitierte Fall durch vorher bestehende, peripher bedingte Schmerzen kompliziert ist, scheint mir in diesem Zusammenhang nicht von Belang zu sein.

im engeren Sinne zu trennen sind. Zum Beispiel handelt es sich da um die Frage, woher es nach Durchschneidung des Rückenmarks der höheren Tiere zunächst zu Aufhebung, später zu Steigerung der Reflextätigkeit in dem von den oberen Teilen isolierten Rückenmarkabschnitten kommt. Am stärksten sind die Gegensätze der Auffassung bei der Deutung der Folgen von Rindenexstirpationen gewesen. Sollen wir die in den ersten Tagen nach diesen Eingriffen sichtbaren Symptome als reine Ausfallerscheinungen deuten oder sind es nur indirekte Fernwirkungen, die vielleicht sogar mit den unvermeidlichen bis in entfernte Zellkomplexe ziehenden Degenerationen zusammenhängen? Es würde den Rahmen der hier vorliegenden Aufgaben, welche das technische der Methodik in den Vordergrund rücken, zu weit überschreiten, auch nur den Versuch einer Schilderung der verschiedenen Deutungsmöglichkeiten und Theorien zu geben, die allerdings für die rein funktionelle Beurteilung von erheblicher Bedeutung sind. In einer Beziehung wird die aus den geschilderten Verhältnissen sich ergebende Unsicherheit wenig fühlbar sein, nämlich dann, wenn man die Eingriffe aus Interesse an der menschlichen Pathologie vornimmt, wenn man also bloß für eine am Menschen vorkommende Zerstörung beim Tier Parallelfälle herstellen will, welche es gestatten, die Ätiologie und Pathogenese des Falles nach allen Richtungen aufzuklären, ohne daß es darauf ankommt, aus den beobachteten Symptomen Schlüsse auf das normale Geschehen zu ziehen.

Müssen hier mithin in funktioneller Beziehung noch manche Fragen offen gelassen werden, so läßt sich doch ganz allgemein schon eine Regel aus dem vorigen ableiten und allem weiteren voranstellen, nämlich die, alle Eingriffe mit möglichster Sorgfalt und mit niemals stillstehenden technischen Bemühungen auszuführen. Zu dieser Sorgfalt gehört für Dauerversuche nicht in letzter Linie eine peinliche Asepsis, die nicht nur darin besteht, daß die üblichen Regeln innegehalten werden, sondern daß auch wirklich eine aseptische Heilung erfolgt.

Ehe wir diese allgemeineren Erörterungen über die Möglichkeit, die normalen Funktionen zu ermitteln, verlassen, kann noch darauf hingewiesen werden, daß es wohl nur für rein anatomische Zwecke genügen kann, irgendwo eine Verletzung von nicht näher vorausbestimmter Lage und Größe beizubringen; Aufschlüsse über die funktionelle Bedeutung der einzelnen Teile sind im wesentlichen nur dann zu erhalten, wenn die Eingriffe planmäßig auf solche Teile ausgedehnt und begrenzt werden, von denen man eine funktionelle Zusammengehörigkeit erwarten kann.

Wenn auch von den im vorigen skizzierten Aufgaben der Methodik an dieser Stelle die am Nervensystem selbst erfolgenden Eingriffe im Vordergrund stehen werden, so sind doch auch die nicht minder wichtigen Mittel zur Untersuchung der durch diese Eingriffe veränderten Leistungen des Zentralnervensytems mehr oder weniger ausführlich zu behandeln. Hingegen mußte davon Abstand genommen werden, überhaupt alle Methoden aufzuführen, welche der Physiologie zur Erforschung der Funktionen der Zentralorgane warmblütiger Tiere überhaupt zur Verfügung stehen, wenn man „Physiologie" im eigentlichen weiten Sinne nimmt und die meist als „Tierpsychologie" bezeichneten Bestrebungen einbegreift. Die nichtoperative Methodik der Tierpsychologie hat durch Claparède[59]) vor kurzem

eine sehr übersichtliche und systematische Darstellung erfahren, auf welche hier verwiesen werden kann. Diese zur Untersuchung der verwickeltsten und höchsten Leistungen der Zentralorgane dienenden Verfahren beanspruchen zwar viel Erfindungsgabe und wohl noch mehr Geduld, dürften aber im ganzen nicht eigentlich als technisch schwierig bezeichnet werden können, so daß die hier notwendige immerhin etwas äußere Abgrenzung des Gebiets auch von diesem Gesichtspunkt aus begründet erscheint. Diese Abgrenzung ist aber im folgenden im ganzen derart vorgenommen worden, daß in erster Linie diejenigen Methoden der Funktionsprüfung berücksichtigt wurden, die vorwiegend im Anschluß an operative Eingriffe am Zentralnervensystem vorgenommen zu werden pflegen oder vorwiegend geeignet sind, die Folgen solcher Eingriffe zu untersuchen.

Eine Erweiterung erwächst hingegen dem zu behandelnden Stoff noch dadurch, daß dem Plan des Gesamtwerks entsprechend nicht nur die zur Untersuchung am meisten benutzten Säugetiere abzuhandeln sind, sondern auch die Vögel, und von diesen vor allem die Taube, die sich aus verschiedenen Gründen als ein sehr geeignetes Versuchstier erwies. Andere Vogelarten werden nur insoweit herangezogen, als es sich um spezielle nur an ihnen ausgeführte Untersuchungen handelt. Hingegen würde es nicht angängig sein, dieselbe Beschränkung bei Besprechung der an Säugetieren angewandten Methodik walten zu lassen und etwa eine bestimmte Tierart der Darstellung zugrunde zu legen. Immerhin liegt es aber in der Natur der Sache, daß die Untersuchungen am Hunde in der Besprechung einen etwas breiteren Raum einnehmen werden. In der neueren Zeit sind in steigendem Maße Affen als Versuchstiere gewählt worden, und dies wird voraussichtlich in der Folgezeit in noch größerem Umfang der Fall sein. Zum Glück werden die Lücken, die heutzutage in diesem Punkt in technischer Beziehung noch gelassen werden müssen, dadurch weniger fühlbar sein, daß die Anatomie und Chirurgie des menschlichen Gehirns für die Untersuchung des Affen viel mehr Anhaltspunkte gibt, als etwa für die des Hundes, und daß andererseits die für die niederen Teile des Nervensystems vorhandenen Methoden in ziemlich gleicher Weise bei allen Säugetieren angewendet werden können.

Während ich mich beim Vogel darauf beschränken mußte, die wichtigsten Operationsweisen, die sich nicht nur zur weiteren Forschung, sondern auch zu Demonstrationszwecken eignen, auszuwählen, versuchte ich bei den Säugetieren nach Möglichkeit vollständig zu sein*), führte allerdings nur diejenigen Maßnahmen als Methoden auf, welche geeignet erscheinen, mit genügender Sicherheit den gewollten Eingriff hervorzurufen. Auch mußte ich bei dem beschränkten zur Verfügung stehenden Raum darauf verzichten, bei jedem Eingriff alle Autoren, die darüber irgend eine technische Angabe machen, aufzuführen. Ich hoffe in der Auswahl im allgemeinen das Richtige getroffen zu haben. Manche Lücken suchte ich durch neue oder früher von mir noch nicht veröffentlichte Untersuchungen noch selbst auszufüllen; ferner

*) Einige an selten benutzten Versuchstieren ausgeführte Arbeiten (u. a. Merzbacher[215])) konnten im Interesse einer einigermaßen einheitlichen Darstellung nicht näher berücksichtigt werden.

bat ich erfolgreiche Untersucher, welche ihre Methode nicht veröffentlicht hatten, um Unterstützung, die mir in dankenswerter Weise gewährt wurde.

Die Angaben der Autoren sind im folgenden öfters mehr oder weniger wörtlich zitiert. Besondere Hinweise darauf sind im Interesse der Übersichtlichkeit des Ganzen unterlassen worden.

B. Allgemeine Methodik.

I. Wahl des Versuchstieres.

Abgesehen von äußeren Gründen, die bei der Wahl des Versuchstieres nach Möglichkeit zurücktreten sollten, seien folgende Gesichtspunkte kurz erörtert. Es kann nicht die nächste Aufgabe der Experimentaluntersuchung sein, eine spezielle Physiologie des Zentralnervensystems der einzelnen Warmblüterarten zu liefern; es wird vielmehr in erster Linie angestrebt werden müssen, auf vergleichendem Wege eine möglichst sichere Basis für die Erkenntnis der Funktionen des menschlichen Zentralnervensystems zu liefern. Deshalb soll die Wahl des Versuchstieres nicht dem Zufall oder äußeren Gründen überlassen sein, sondern in engstem Zusammenhang mit der Fragestellung stehen. Kommt es auf die Untersuchung von elementaren Funktionen an, etwa die Abhängigkeit des Stoffwechsels vom Nervensystem (Zuckerstich), so wird die Untersuchung an niederstehenden Säugern so lange ausreichen, bis bei ihnen eine sichere Grundlage geschaffen ist. Handelt es sich hingegen etwa um die Untersuchung der Körperbewegungen, so sind die Nager viel weniger geeignet, als der viel lebhaftere Hund, bei dem auch der höher aufgerichtete Körper die Beobachtung wesentlich erleichtert. Kommt es nicht so sehr auf die mehr oder weniger einförmig verlaufenden Lokomotionsbewegungen an, als auf kompliziertere Leistungen, so bietet hingegen der Affe ein viel reicheres Beobachtungsobjekt. Daß in mancher Beziehung sogar der Vogel in den Leistungen seines Zentralorganes dem Menschen nicht so ferne steht, wie nach dem Abstand in der Tierreihe gemeint werden könnte, sei nur daran gezeigt, daß nur jener unter den Wirbeltieren einen ausschließlich zweifüßigen Gang besitzt, bei dem nicht nur die Gleichgewichtsbedingungen des Körpers, sondern vielleicht auch die ganzen Innervationsverhältnisse einige Vergleichspunkte mit dem Menschen bieten könnten.

Neben der besonderen Fragestellung sind ferner häufig rein technische Gesichtspunkte für die Wahl entscheidend. Handelt es sich um schwierige Operationen, so sind diese oft bei der einen Tierart aus anatomisch-topographischen Gründen leichter ausführbar, als wie bei der anderen, worüber sich natürlich keine weiteren allgemeinen Regeln aufstellen lassen.

Von bedeutendem Einfluß auf die Folgen operativer Eingriffe ist in sehr vielen Fällen das Alter der Tiere. Es kann als eine allgemeine, von den verschiedensten Autoren gemachte Erfahrung bezeichnet werden, daß die sogenannten Shockwirkungen bei jungen Tieren wesentlich weniger bedeutend sind, als bei erwachsenen, so daß sich namentlich zum Studium der Reflextätigkeit des abgetrennten Rückenmarks junge Tiere am besten eignen (Luchsinger[121]). Auch die Tierart bedingt ähnliche Unterschiede; so findet

Luchsinger[121, 205]) das Kaninchen für Reflexstudien am Rückenmark besonders ungeeignet, während junge Katzen und Ziegen sehr verwendbar sind.

Neben Art, Alter und Größe des Tieres ist aber weiter für Dauerversuche, in denen genauere Funktionsprüfungen vorgenommen werden sollen, sein ganzer „Charakter" von größter Bedeutung. Mit Hunden und Katzen wird man bei einiger Erfahrung besonders der Gehilfen schon zurechtkommen. Katzen kann man bei manchen Beobachtungen am Kopf (Einfluß von Giftwirkungen auf die Pupille oder dgl.) in einen Wachstuchsack, in welchem die glatte Fläche nach innen gewendet ist, stecken und diesen am Hals des Tieres so weit zuziehen, daß die Pfoten nicht herausgebracht werden können; das Tier pflegt sich so sehr ruhig zu verhalten. Über die allgemeine Behandlungsweise für Katzen macht im übrigen Levy-Dorn[195]) einige Angaben. Schwieriger sind Affen zu behandeln. Von diesen scheinen manche Arten weniger geeignet zu sein, wenigstens fand ich Meerkatzen sehr bissig und unzugänglich. Munk[232]) vermeidet überhaupt die Verwendung wilder oder scheuer Tiere und hält sich an zahme, die man nach seiner Erfahrung unter den Makaken häufig genug antrifft. Er betont weiter die Notwendigkeit einer stets freundlichen Behandlung der sich möglichst frei herumbewegenden Tiere, sowie das Vermeiden aller nicht direkt nötigen Hantierungen.

II. Vorbehandlung.

Hier sei in erster Linie kurz auf die geeignetste Fütterungsweise der Tiere vor den Operationen hingewiesen, durch die einerseits eine möglichst ungestörte Narkose, andererseits eine Verminderung der Blutungen erzielt wird. Am Tage vor der Operation lasse man die Tiere ganz ohne Nahrung und Wasser, und füttere sie auch schon einige Tage vorher etwas trocken (bei Kaninchen mit Heu). Künstliche Entleerungen des Magendarmkanals sind dann vor der Operation nicht weiter nötig, bei Hunden treten sie durch die meist benutzte Morphiuminjektion von selber ein.

Die der Asepsis dienenden unmittelbar der Operation vorausgehenden Vorbereitungen werden unten besprochen.

III. Narkose. Künstliche Atmung.

Sieht man von den nicht eigentlich mit der Methodik zusammenhängenden Zwecken der Narkose ab, so soll durch sie bei Operationen am Zentralnervensystem eine derartige Ruhigstellung des Tieres erzielt werden, daß bei den Eingriffen keine allgemeinen Bewegungsäußerungen des Tieres eintreten, durch die der Erfolg von vornherein in Frage gestellt werden würde (unbeabsichtigte Nebenverletzungen, Blutungen und Prolapse bei Pressen u. a. m.). Auch bei den größten Eingriffen ist wenigstens im allgemeinen der Grad der Narkose so zu wählen, daß die Tiere völlig ruhig bleiben, was sich selbst bei Durchschneidungen von hinteren Wurzeln oder Markdurchschneidungen erreichen läßt. Auf die Bedeutung der Narkose zur Vermeidung von „Shock" wurde schon oben hingewiesen.

Von den vielen Mitteln zur Allgemeinnarkose seien hier nur diejenigen kurz angeführt, die sich gerade bei Operationen am Zentralnerven-

system besonders bewährt haben. Schließlich kann man mit diesem oder jenem Narkotikum guten Erfolg haben, es ist nur nötig, sich und seinen Gehilfen auf ein bestimmtes Mittel so einzuüben, daß man jederzeit an dem Verhalten des Tieres beurteilen kann, wie tief die Narkose ist, und ob das Narkotikum ohne Schaden weiter zugeführt werden kann. In diesem Punkte kann die eigne Erfahrung durch keine Beschreibung ersetzt werden. Es sei nur darauf hingewiesen, daß hauptsächlich auf die Atmung zu achten ist. Wird diese bei vorgehaltenem Narkotikum schnell und flach, so ist es besser, die Zufuhr des Mittels etwas auszusetzen; ebenso ist bei erneuter Zufuhr auf eine etwa eintretende Synkope zu achten. Wird in letzterem Falle sofort künstliche Atmung durch manuelle rhythmische Kompression des Thorax eingeleitet, so wird man in der Regel die Störung schnell beseitigt haben, besonders wenn das Herz noch schlug.

Für die Taube bevorzuge ich das Chloroform, weil es damit möglich ist, die für feinere Operationen am Zentralnervensystem nötige Tiefe der Narkose zu erzielen. Die Resultate sind bei der nötigen Sorgfalt sehr gut, selbst mehrstündige Narkosen werden ohne Schaden überstanden und die Tiere erholen sich merkwürdig schnell. Bei seinen Reizversuchen benutzte Langley[192]) zuerst Chloroform, sodann die Alkohol-Chloroform-Äthermischung.

Für Kaninchen ist Äther oder Äther + Chloroform āā zweckmäßig. Langley[191]) verwendet eine Mischung aus gleichen Teilen Alkohol abs., Chloroform und Äther nach vorheriger Gabe von Chloralhydrat per rectum (0.03—0,06 g). Ferner kann als Grundlage für die Narkose Urethan (1,0 g pro Kilo) verwendet werden, oder Chloralhydrat in etwas größerer Dosis (½—1 g in 50%iger Lösung, meist subkutan oder in die Bauchhöhle appliziert).

Katzen: Alkohol-Chloroform-Äthermischung, dazu 0,04 g Morphium subkutan (Langley[191])). Andere geben an, daß Morphium bei Katzen nicht empfehlenswert sei, was nach Langendorff[187]) jedenfalls nicht für intravenöse Injektion gültig ist; er verwendet 0,03—0,04 g. Ich selbst verwendete in einer größeren Zahl von Versuchen fast ausschließlich Chloroform + Äther āā mit günstigem Erfolge; gerade bei Katzen muß man bei tiefen Narkosen vor gelegentlichem Atemstillstand bei Wiederzufuhr des Narkotikum etwas auf der Hut sein. Um Unruhe nach der Operation zu vermeiden, gibt Franz[93]) Urethan per os zu der Inhalationsnarkose, Langley[193]) 0,02 g Morphium subkutan während der Hautnaht.

Hunde: Fast allgemein wird hier die sehr empfehlenswerte Kombination von Morphium mit Chloroform oder Chloroform + Äther oder Alkohol-Chloroform-Äthermischung benutzt. Man gibt erwachsenen Tieren pro Kilogramm Gewicht 0,01 g Morphium (etwa in 5%iger Lösung) subkutan; für Dauerversuche mit sterilisierter Spritze. Die Inhalationsnarkose (für die Chloroform empfohlen werden kann) beginne man erst, wenn das Morphium schon wirksam wird, also nach 20—30 Minuten (Munk[230])). Die Tiere bleiben in der Regel noch längere Zeit nach der Operation in Schlafzustand.

Affen: Hier hat sich die reine Äthernarkose sehr gut bewährt, die man höchstens kurz vor dem direkten Eingriff am Nervensystem durch Chloroformzusatz etwas verstärken kann. Die Tiere erholen sich überraschend schnell aus der Narkose, fressen z. B. vorgehaltene Rübenstücke, so daß man schon bald nach dem Eingriff mit den Beobachtungen beginnen kann. Ist hingegen Ruhe nach der Operation nötig, so ist Anwendung von Morphium zweckmäßig. Munk[230]) verwendet in der Morphium-Äthernarkose für kleine Affen 0,03 g, für große 0,06 g Morph. muriat.

Besondere Narkoseapparate sind entbehrlich. Es genügt ein Glas, in welches die Schnauze des Tieres gut hineinpaßt; das Narkotikum wird auf etwas im Grunde des Gefäßes befindliche Watte gegossen. Damit man selbst, besonders bei Kopfoperationen, nicht zu viel von dem Narkotikum

erhält, wovon wir gelegentlich unangenehme Kopfschmerzen davontrugen, bringt man um die Schnauze einen Vorhang von Gummituch an, in den man das Narkoseglas hineinstellt. Vor Beginn der Narkose bringt man Katzen und Affen in einen zylindrischen mit Glaseinsatz im Deckel versehenen Eimer, in welchem man so tief narkotisiert, bis man das Tier unbehelligt herausnehmen kann.

Einige Besonderheiten betreffs der Narkose sind bei Rindenreizungen zu beachten, es wird darauf zurückzukommen sein.

Viel seltener als die Allgemeinnarkose ist die örtliche Anästhesie zu verwenden. Bei Tauben fand ich es gelegentlich zweckmäßig, vor Durchschneidungen des Rückenmarks oder genau lokalisierten Einschnitten, sowie Wurzeldurchschneidungen, auf die entsprechenden Teile in Kokain getränkte und wieder etwas ausgedrückte Watte für einige Minuten zu legen, wodurch keine Beschädigung gesetzt wird (etwa 4% Lösung)*). Zu dem Verfahren der Lumbalanästhesie leitet ebenfalls das von Oddi und Rossi[250]) bei Durchschneidung von hinteren Wurzeln bei Säugetieren benutzte über; um völlige Ruhighaltung zu erzielen, bestrichen sie die Oberfläche des Rückenmarks mit einer 10% Lösung von Kokain.

Über Lumbalanästhesie ist bei Tieren vorzugsweise von Chirurgen experimentiert worden: nach Heineke und Laewen[126]) sind die üblichen Versuchstiere für die Lumbalpunktionen weniger geeignet, da das Rückenmark erst in der Höhe des letzten Lendenwirbels endet, in der Regel aber nicht tiefer als am vorletzten Lendenwirbel punktiert werden kann. Es kommt deshalb leicht zu Konusverletzungen. Ferner hat man bei der geringen Menge des abfließenden Liquor keinen Anhaltspunkt, ob man richtig in den Duralsack gelangte. Es scheint sich deshalb die Lumbalanästhesie für Tierversuche (ausschließlich Affen) weniger zu eignen; angewendet scheint sie in der Tat nicht zu sein.

Für den Affen möchte ich die mir zur Verfügung gestellten Erfahrungen von Gauss (Freiburg) anführen, da sie in geeigneten Fällen nützlich sein werden. Die zu injizierende Mischung besteht aus 1/4 ccm physiologischer Kochsalzlösung, in welchem 0,01–0,02 g Stovain, 0,04 g Tropakokain und 0,05 g Alypin enthalten sind. Der mit einer etwa 5 cm langen feinen Lumbalpunktionsnadel vorzunehmende Einstich liegt in der Höhe des 2. bis 3. Lumbalwirbels, d. h. kurz über einer die höchsten Punkte der Crist. oss. ilii verbindenden Linie. Das Tier nimmt während der Injektion eine sitzendhockende Stellung ein. Dem Eingriff geht eine vorbereitende subkutane Skopolamin-Morphiuminjektion voraus (0,00015—0,000225 g Scopol. hydrobromic., dazu 0,005—0,0075 g Morph. muriat. in wäßriger Lösung in 2—3 Dosen innerhalb einer Stunde vor dem Eingriff). Die Wirkung kann bis 6 Stunden bestehen. Die Angaben gelten für kleine und mittelgroße Tiere.

Wegen der bei mehrfachen derartigen Injektionen erhobenen anatomischen Befunde (Degeneration in den Hinterwurzeln) ist die Mitteilung von Spielmeyer[329]) nachzusehen.

In neuester Zeit wurden von Erhardt[80]) sehr günstige Erfahrungen mit Zusatz von Gummi Arabicum zu Tropakokain**) gemacht. Die Anästhesie war auf den ganzen Körper, einschließlich des Kopfes ausgedehnt,

---

*) Zweckmäßiger vielleicht 5—6%, da diese Lösungen nach Laewen[178]) isotonisch sind; oder isotonische Mischung von NaCl und Kokain.

**) Sterilisierte Lösungen von Merck, Darmstadt.

ohne daß Atemstörung eintrat, welche bei Verwendung derselben Giftmenge ohne Gummizusatz hingegen den Tod herbeiführte. Der Grund dieser günstigen Wirkung des Gummizusatzes liegt in der Verlangsamung der Resorption; das Gift scheint danach lediglich durch den direkten Kontakt mit den austretenden sensiblen Nerven zu wirken.

An dieser Stelle ist noch darauf hinzuweisen, daß man unter Umständen bei Operationen am Rückenmark die Narkose umgehen kann, ohne ihre wesentlichen Vorteile aufzugeben. Scheven[296]) schaltete bei Untersuchung des Patellarreflexes beim Kaninchen das Gehirn mit der Kronecker-Marckwaldschen Paraffinmethode (s. S. 71) aus, und Stricker[340]) nahm nach einer um mehrere Tage vorausgegangenen Rückenmarksdurchschneidung Reizungen der Rückenmarkswurzeln am nicht narkotisierten „Hintertier“ vor (vgl. auch Kühlwetter[171])).

In allen Fällen, in welchen durch den operativen Eingriff eine Beeinträchtigung der Atmung erfolgt, sind besondere Verfahren zur künstlichen Atmung notwendig. In Fällen von nur ganz vorübergehendem Aussetzen der Atmung genügt es meist, den Thorax manuell rhythmisch zu komprimieren, wobei man, am Hinterende des Tieres stehend, die Hände der seitlichen Brustwand anlegt. Auf die für längerdauernd oder endgültig währenden Atemstillstand anzuwendenden Methoden der künstlichen Atmung kann hier nicht näher eingegangen werden. Für Vögel sei auf das von Nagel[237]) angegebene Verfahren verwiesen, bei dem die Luftzufuhr von einem eröffneten Röhrenknochen aus geschieht. Weiter dürfte die Methode der Intubation des Kehlkopfes, die Stewart und seine Mitarbeiter[337]) bei der Katze anwendeten, einer besonderen Hervorhebung wert sein. Sie eignet sich besonders für die Fälle, in denen die Atemstörung nur während der operativen Eingriffe (z. B. vorübergehendem Verschluß der Hirnarterien) besteht und in welchen die Tiere nachher längere Zeit am Leben erhalten werden sollen. In Narkose wird ein Glasrohr durch das Maul zwischen die Stimmbänder in den Kehlkopf geschoben und durch eine um den Unterkiefer gebundene Schnur in seiner Lage festgehalten. Die Ausführung ist leichter und weniger zeitraubend, als die Tracheotomie.

IV. Assistenz, mechanische Tierhalter.

Aus äußeren Gründen wird man in der Regel nicht in der Lage sein, mit einem wissenschaftlich vorgebildeten Assistenten zu arbeiten. Es ist deshalb notwendig, die Operationen so einzurichten, daß man sie, von der Narkose abgesehen, vollständig ohne Hilfe eines anderen ausführen kann. Für aseptische Operationen ist es stets erforderlich, einen geübten Gehilfen zur Überwachung der Narkose zu haben und auch für schwierigere nicht aseptische Operationen ist dies sehr erwünscht. Im übrigen muß man die Hände des Assistenten durch mechanische Vorrichtungen ersetzen, von denen in erster Linie passende Tier- und Kopfhalter, dann die unentbehrlichen mit Gewichten beschwerten Haken (s. Fig. 11) zu nennen sind. Zwei wichtige Vorteile hat man dabei jedenfalls: erstens daß die Aussichten auf aseptische Heilung um so größer sind, je weniger Finger mit der Wunde in Berührung kamen, und zweitens daß man sich den Zugang zu dem meist schon so wie so sehr kleinen Operationsfeld nicht noch weiter verengt.

Ebenso wie bei den Narkotika läßt sich auch bei den für Operationen am Zentralnervensystem geeigneten Tier- und Kopfhaltern nicht allgemeingültig der oder jener als der beste bezeichnen, es kommt hier etwas auf die Gewohnheit an. Im folgenden möchte ich mir erlauben, vorwiegend einige eigne, zum Teil noch nicht veröffentlichte Vorrichtungen mitzuteilen, die sich in einer größeren Reihe von Untersuchungen als brauchbar erwiesen, womit natürlich nicht gesagt sein soll, daß nicht auch manche der bekannten Halter gute Dienste für die hier vorliegenden besonderen Zwecke leisten können.

Es sei der bei einer sehr großen Reihe von Tieren verwendbare Universalhalter von Cowl[61])*) und von Johansson[148]) und die Halter von Exner und Kreidl**) erwähnt.

Für Tauben möchte ich zwei Halter angeben, den einen, früher (vgl. [346])) schon beschriebenen, für Operationen am ganzen Spinalmark, den anderen für solche am Kopf

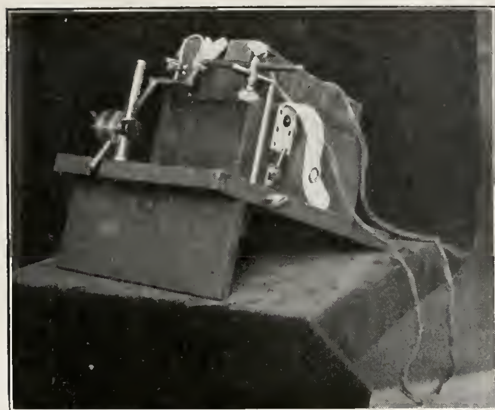


Fig. 1.
Operationstischchen für Tauben.
($^1/_7$ natürl. Größe.)



Fig. 2.
Dasselbe mit aufgebundenem Tier
und Narkosevorrichtung.

(er ist besonders auch für Operationen am Ohrlabyrinth bestimmt). Die Figuren 1 u. 2 zeigen den ersteren Apparat ohne und mit dem aufgebundenen Tier. Das Nähere ist der schon zitierten Abhandlung zu entnehmen (seitdem angebrachte Veränderungen betreffen nur Nebensächliches). Der für Kopfoperationen bestimmte Halter ist in Figur 3 wiedergegeben. Er besteht aus einem U-förmigen Gestell, dessen einer Schenkel mit dem Verbindungsstück durch ein Scharnier verbunden ist. An den freien Enden tragen die Schenkel je ein kurzes, senkrecht angesetztes Querstück, sowie nach innen ein flaches Knöpfchen. Etwa in ihrer Mitte ist in die Schenkel des U-Stückes der Länge nach eine Spalte gefeilt; durch die beiden Spalten ist ein Querstab gesteckt, der durch Schrauben in beliebiger Entfernung von den oben genannten Knöpfchen festgestellt werden kann. An dem Querstab selbst ist ein halbkreisförmiger Bügel befestigt. Der Halter wird nun so an den Kopf gelegt, daß die Knöpfchen, welche sich am Ende der Schenkel befinden, jederseits in der äußeren Ohröffnung liegen und daß der Oberschnabel durch den halbkreisförmigen Bügel gesteckt wird; der Unterschnabel, von ersterem durch den im Munde wie eine Kandare liegenden Querstab getrennt, bleibt

*) Zu beziehen von Lautenschläger, Berlin.
**) Zu beziehen von Castagna, Wien.



Fig. 3.
Kopfhalter für Schädeloperationen bei der Taube.
($^1/_3$ natürl. Größe.)

ohne besondere Befestigung. An dem Verbindungsstück der U-Schenkel befindet sich ein Ansatz, an dem der Kopfhalter um die quere Kopfachse gedreht werden kann. Das den Kopfhalter tragende Gestänge, welches noch Drehungen des Kopfes um die senkrechte Achse gestattet, wird genau so am Ewaldschen Taubenhalter befestigt, wie dies von Ewald[81]) für seinen Kopfhalter beschrieben und abgebildet ist. Auf diese Weise läßt sich der Kopf in jeder beliebigen Stellung fixieren. Die Tiere verhalten sich in dem einmal angelegten Halter sehr ruhig und sind, weil die Nasenöffnungen freiliegen, leicht narkotisierbar. Der Kopf wird selbst bei extremer Neigung und Drehung festgehalten. Die Trommelfelle bleiben unverletzt. Es empfiehlt sich, vor dem Anlegen des Halters die Federn an der Ohröffnung wegzuschneiden, sowie die Taube schon etwas zu narkotisieren, so daß die störenden Abwehrbewegungen wegfallen.*)

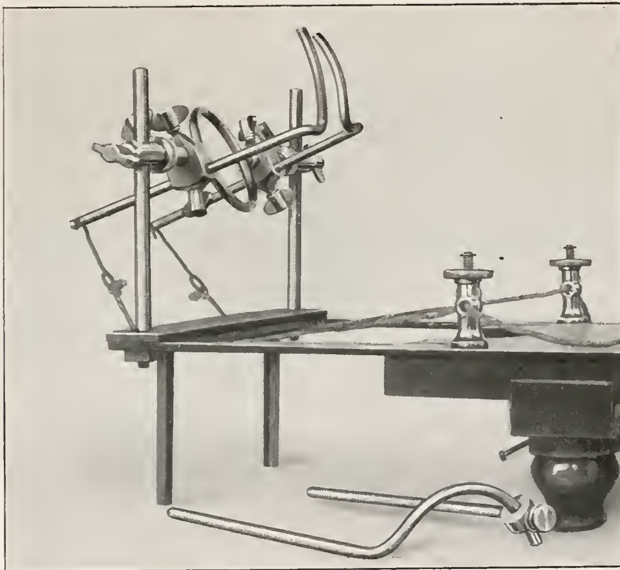


Fig. 4.
Kopfhalter für Kaninchen bei Schädeloperationen. Der unten liegende Teil wird statt der Winkelstücke eingesetzt, wenn am Hals operiert wird.
($^2/_7$ natürl. Größe.)

*) Sind starke Schrägstellungen nötig, so kann man in die an der Platte des Ewaldschen Halters befindlichen Löcher auf der einen Seite Holzpflöcke einstecken, wodurch das ganze Tier schräg gestellt wird.

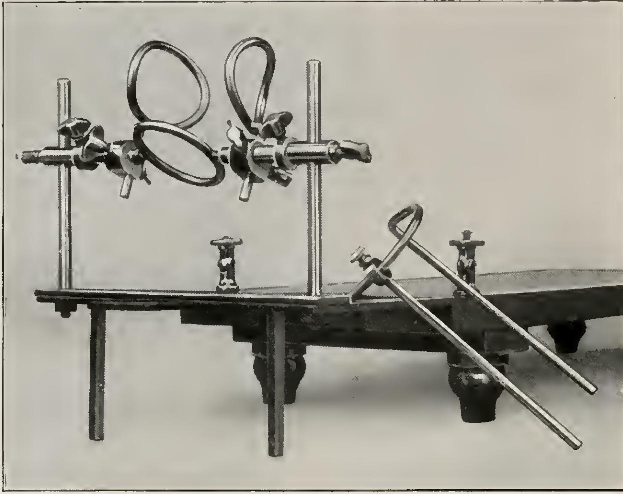


Fig. 5.
Kopfhalter für Katzen und Affen. Statt des Schnauzenringes kann auch die in der nächsten Figur sichtbare Maulstange verwendet werden. Bei Operationen am Halse wird anstatt der Backenringe der rechts unten abgebildete Teil verwendet. ($^2/_7$ natürl. Größe.)

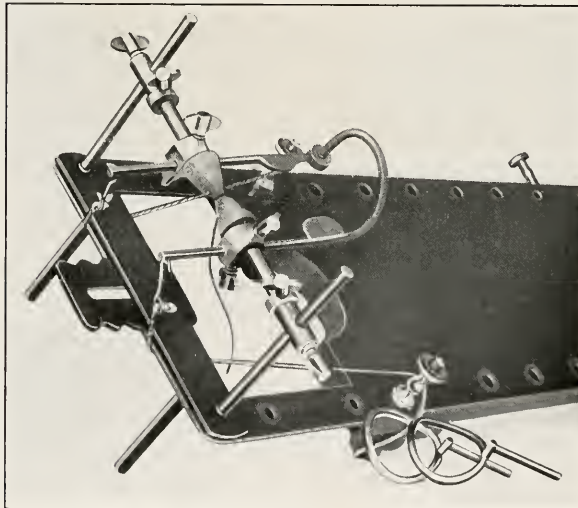


Fig. 6.
Kopfhalter für Katzen und Affen bei Operationen am Schädeldach. Es können auch die rechts unten liegenden Backenringe mit der Maulstange kombiniert werden. ($^2/_7$ natürl. Größe.)

Für Kaninchen ist der Czermaksche Kopfhalter, besonders in der von Knoll[164]) angegebenen Abänderung zweckmäßig, in welcher der Kopf hinter den Supraorbitalfortsätzen des Stirnbeins durch einen einem stumpfen Doppelhaken ähnlichen Bügel gefaßt und so ein Loßreißen unmöglich gemacht wird.

Eine noch festere Lage des Kopfes gewährleistet ferner der in Fig. 4 wiedergegebene Halter, der aus der Abbildung und aus der weiteren Beschreibung der für andere Tiere geeigneten Modifikationen leicht verständlich ist.

Für Katzen und kleine Affen verwende ich folgenden Kopfhalter (Fig. 5 und 6), der an dem üblichen Kaninchenbrett befestigt wird. Die verwendeten Teile sind etwas verschieden, je nachdem am Hinterhaupt oder auf der Höhe des Schädels operiert wird; für Operationen am Rückenmark kann der Kopf mit der ersteren Vorrichtung (Fig. 5) fixiert werden. Bei ihr kommt die Schnauze in einen ovalen Ring, der seitlich in eine horizontale Achse ausgeht. Dieser sitzen Klemmen auf, mit welchen zwei ovale Ringe auf der Achse befestigt werden können, die von rechts und links an die Kopfseite angelegt werden. Sie umgreifen die vorspringenden Teile der Backe und nach oben noch das Ohr. Der Kopf kann in beliebiger Steilheit eingestellt werden und das Tier kann sich auch bei etwa eintretender Unruhe nicht befreien. Der Zugang zum Nacken und zur Mitte des Schädeldaches ist völlig frei. Ist der Schnauzenring richtig gestellt, so liegt er vorn dem Nasenbein an, so daß eine Kompression der Luftwege hier nicht eintritt. Für Operationen am Schädeldach wird derselbe Schnauzenring oder eine mit Holz belegte Mundstange (Fig. 6) verwendet, sowie die gleichen rechts und links befindlichen Klemmen. In diese kommt aber ein aus zwei Teilen bestehender Bügel, welcher das Hinterhaupt umgreift, und dessen gerade Teile einen kleinen Ansatz tragen, auf dem die Kiefer aufruhen. Durch die vorstehenden vorderen Enden der Bügelstangen wird eine Schnur gezogen, welche vorn am Halter befestigt wird. So bleibt der Kopf in jeder ihm erteilten Schräglage fixiert. Für Operationen in Bauchlage wird dieselbe Vorrichtung verwendet; für Kaninchen in Bauchlage eine ganz entsprechende, die ebenfalls am gleichen Halter zu befestigen ist. Das Nähere ist aus den folgenden Abbildungen zu entnehmen.

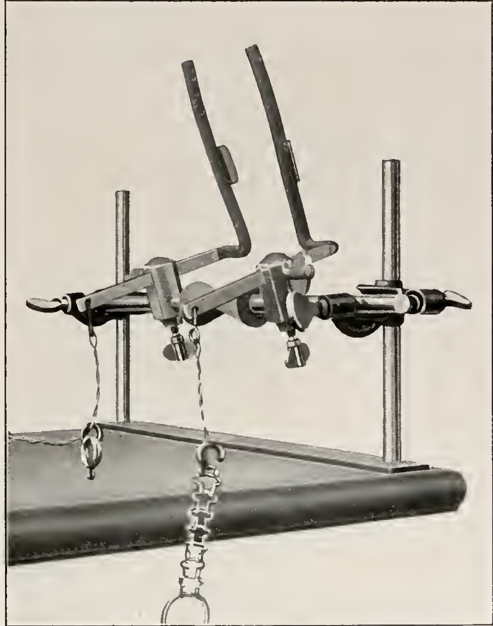


Fig. 7.

Kopfhalter für Hunde. (Der Körper des Tieres liegt bei Benutzung des Halters rechts; die Stirn des bei der abgebildeten Stellung stark gebeugten Kopfes sieht also nach links.) ($^1/_4$ natürl. Größe.)

Für Hunde ist wohl für die meisten Operationen folgender Halter (Fig. 7) verwendbar, der ebenso wie die vorigen eine absolut unverrückbare Lage des Kopfes gewährleistet. Die Schnauze wird in der üblichen Weise um eine hinter die Eckzähne gebrachte Mundstange (in der Mitte mit Holzbelag) festgebunden. An dieser horizontal liegenden Achse sind mit Klemmen zwei rechtwinklig gebogene Eisen angebracht, deren obere Schenkel jederseits hinter die Kiefer zu liegen kommen. Am Ende der anderen Schenkel greifen Drähte an, die am Grundbrett befestigt werden und eine Veränderung der Lage der Kopfstützen selbst dann unmöglich machen, wenn die ganze Last des Tieres dieselben nach dem Tierkörper hinzieht. Hiermit kann dem Kopf jede beliebige Neigung bis zur äußersten Senkrechtstellung erteilt werden, und alle Teile des Schädels sind frei zugänglich.*)

Die Tiere werden stets erst in der Narkose aufgebunden.

*) Die im vorstehenden angegebenen Apparate sind von der Firma W. Petzold, Leipzig-Kleinzschocher, Schönauer Weg 6, zu beziehen.

Für Operationen, bei denen man die Schädelbasis von dem Maul aus erreicht, sind besondere Maulsperrer notwendig, mit denen die Kiefer in jeder beliebigen Öffnungsstellung fixiert werden können. Solche Apparate sind von Cowl[61])*) und von Kreidl**) konstruiert worden.

Für Operationen an der Halswirbelsäule ist eine besondere Halsstütze empfehlenswert. Für den Taubenhalter besteht sie in einer Gabel, die Raum

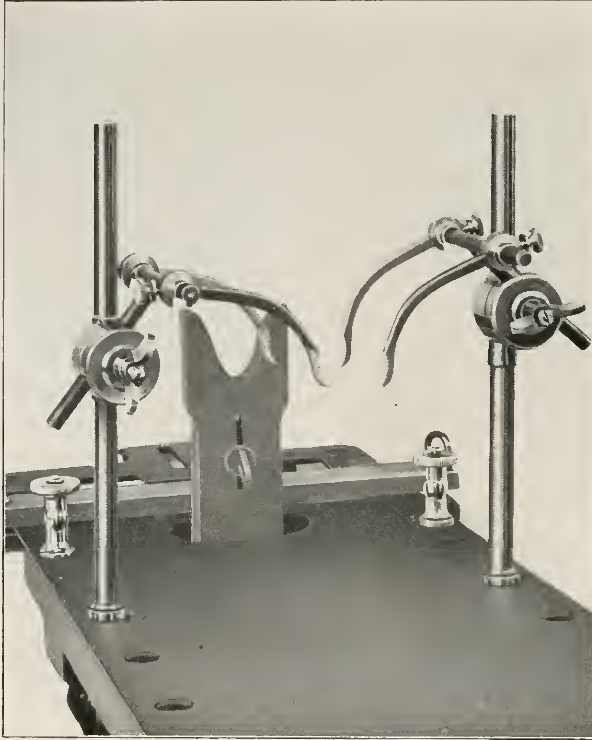


Fig. 8.

Halsstütze und Wirbelsäulenfixierung für Kaninchen, Katzen, Affen. (1/3 natürl. Größe.)

für die Trachea läßt (vgl. Figur 1). Für Affe und Katze wird die Stütze an dem vorderen Teil des Halters angebracht, wie aus Figur 8 zu ersehen ist, die auch die Form der Stütze erkennen läßt. Es wird so erreicht, daß die Teile gehoben und dadurch zugänglich werden und daß die Medianebene des Marks immer genau senkrecht steht, was für Durchschneidungen, welche bestimmte Grenzen einhalten sollen, nötig ist.

Häufig ist eine noch festere Fixierung der Wirbelsäule notwendig, z. B. bei Reizversuchen, bei Längsschnitten. Woroschiloff[366]) (Figur 9)

*) Zu beziehen von Lautenschläger, Berlin.

) Beschrieben bei Grossmann, A. f. Lar. u. Rhin. **6. 315; zu beziehen von Castagna, Wien.

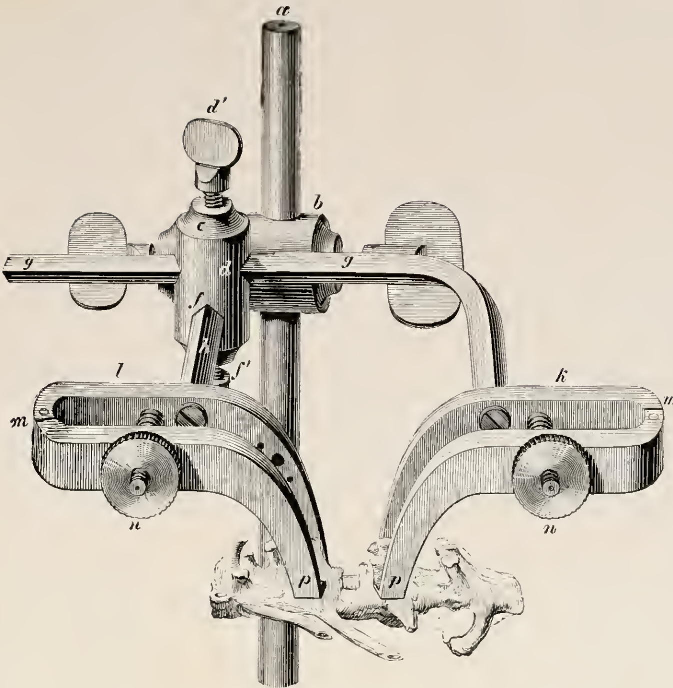


Fig. 9.
Zangen zur Fixierung der Wirbelsäule, nach Woroschiloff.

und de Boeck[45]) haben solche Vorrichtungen für Kaninchen angegeben*). Einen einfachen Apparat, der für die meisten Zwecke ausreichen wird und der an das Tierbrett anzuschrauben ist, gebe ich in Figur 8 wieder.

Handelt es sich weniger um eine ganz feste Fixierung der Wirbelsäule als um Vermeidung einer Schräglage des Körpers, so kann man sich leicht ein kastenartiges Gestell fertigen, dessen Schmalwände zur Aufnahme des Brustkorbs etwas ausgeschweift sind.

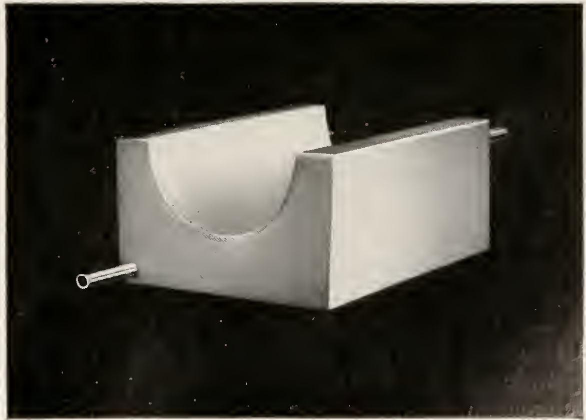


Fig. 10.
Wärmegefäß für mittelgroße Versuchstiere (Kaninchen, Katze, Affe). Wasserfüllung von den Ansatzrohren aus. Das Tier wird in die Mulde gelegt und kann bei Bedarf mit einem zweiten gleichen Gefäß bedeckt werden. Maße in cm: Länge 20; Breite 15; Höhe 9; Radius des halbkreisförmigen Ausschnittes 5.

*) Die erstere von Petzold in Leipzig zu beziehen.

Zur Fixierung und auch gleichzeitig zur Erwärmung des Körpers während der Operationen können ferner längliche Blechgefäße dienen, die mit warmem Wasser gefüllt werden. Man kann ihnen zweckmäßig die in Figur 10 dargestellte Form geben. Ebenfalls zur Erwärmung des Tieres dient bei Versuchen mit künstlicher Atmung die Vorerwärmung der Luft, die Sherrington[314]) derart ausführt, daß die Luft durch einen Raum hindurchstreicht, der eine kleine elektrische Lampe enthält.

V. Asepsis.

Ihrer Dauer nach können die den Eingriffen am Nervensystem folgenden Beobachtungen in kurze Versuche und in Dauerversuche unterschieden werden. Unter den ersteren Versuchen sind hier solche verstanden, die in der Regel noch vor beendeter Narkose durch Tötung des Tieres abgeschlossen oder doch nur eine begrenzte Zeit nach dem Eingriff fortgesetzt werden, so daß die Operationen ohne aseptische Maßnahmen durchgeführt werden können. Bei den Dauerversuchen hingegen bildet die Operation nur die Einleitung einer meist nach Wochen oder mehr zählenden Beobachtungszeit, der durch die Folgen der Operation an sich eine bestimmte Grenze nicht gesetzt ist. Es sei hier schon erwähnt, daß diese Unterscheidung für unsere Darstellung nicht nur wegen der anzuwendenden Asepsis erforderlich ist, sondern auch für die spätere Darstellung der Operationsmethoden, da diese sich in ihren Einzelheiten häufig nach den weiteren Absichten bezüglich der Beobachtungsdauer richten.

Es ist schon einleitend betont worden, daß Operationen, die zu Dauerversuchen bestimmt sind, unter strenger Anwendung der Regeln der Asepsis ausgeführt werden müssen. Von allem anderen abgesehen, ist man nur dadurch imstande, ganz unübersehbare Beeinträchtigungen der der Läsion benachbarten Teile zu vermeiden. Die Grundprinzipien der Lehre von der Asepsis sind hier vorauszusetzen, es sind nur die für Operationen am Zentralnervensystem der Warmblüter wissenswerten besonderen Erfahrungen anzuführen.

Einen besonderen „aseptischen“ Operationssaal kann man entbehren, wenn man nur sorgt, daß in das zu den Operationen benutzte Zimmer keine eitrigen Sachen gelangen. Sollte also einmal eine kleine Nahteiterung eingetreten sein, so behandle man dieselbe in einem anderen Raum und koche die benutzten Instrumente aus, ehe sie wieder in den Operationsraum gelangen. Man hat ja den großen Vorteil vor dem Chirurgen, daß man nicht unvermutet durch Eiterherde überrascht wird und deshalb Infektionen des Zimmers mit virulenten Keimen besser vermeiden kann.

Zur Erzielung einer glatten Heilung scheint es mir weiter wesentlich zu sein, daß man bei der großen Mehrzahl der hier in Betracht kommenden Operationen kaum Gelegenheit hat, mit den Fingern die Wundflächen häufiger zu berühren, weil es hierfür an Platz mangelt. Man ziehe aus diesem Grunde niemals etwa eine Lage abgelöster Muskulatur mit den Fingern zur Seite, sondern wende die Pinzette und die noch näher zu besprechenden Gewichtshaken an.

Instrumente, Watte und Verbandmaterial sind nach den bekannten Regeln zu sterilisieren. Es sei noch darauf hingewiesen, daß es zweck-

mäßig ist, die nötigen kleinen Wattetupfer nicht erst bei der Operation aus der sterilisierten Watte anzufertigen, sondern schon vorher, so daß sie sicher steril zur Anwendung kommen.

Die Haut wird, während das Tier schon narkotisiert ist, an der Operationsstelle und in genügendem Umkreis von den Federn oder Haaren befreit; erstere werden mit einer über die Fläche gekrümmten Schere, letztere ebenso und dann noch durch sorgfältiges Rasieren entfernt.*) Bei Vögeln genügt es, die Haut darauf noch etwas mit Äther zu reinigen, bei Säugern folgt Seifenwasser, Äther und schließlich warme Sublimatlösung 1:1000, die man mit Hilfe eines Wattebausches 10—15 Minuten einwirken läßt.**) Im übrigen sind Antiseptika bei den Operationen ganz zu vermeiden. Bei Tauben genügt es weiter in der Regel, über das Tier ein Stück sterilen Mulls zu legen, in welches über der Operationsstelle ein Schlitz geschnitten wird; einige weitere Maßnahmen sind an anderer Stelle nachzusehen ([346]). Bei Säugetieren legt man über die Operationsstelle ein nicht zu kleines, mit Längsschnitt versehenes Stück Billroth-Batist, das an die Ränder des Hautschnitts mit Schiebern oder einigen Nähten befestigt wird. So ist man vor jeder Berührung mit dem Haarkleid geschützt.

VI. Optische Hilfsapparate.

An optischen Hilfsapparaten sind sehr häufig, und zwar auch bei Operationen an Säugetieren, Lupenvergrößerung und künstliche Beleuchtung nötig. Nach ausgedehnter Anwendung kann ich das Zeisssche „binokulare Mikroskop“ sehr empfehlen. Man muß es sich nur den besonderen Zwecken entsprechend etwas anders montieren und zwar so, daß die Objektivlinsen den untersten Teil des ganzen Apparats bilden.***) Sehr zweckmäßig ist es, mit dem Apparat die Beleuchtungsvorrichtung nach Gullstrand (vgl. den Zeiss-Katalog) zu verbinden: sie gibt ein sehr gutes Licht und hat weiter den Vorteil, daß man die im Operationsgebiet entstehenden Reflexe durch Verschieben der Lichtquelle leicht an Stellen bringen kann, an denen sie nicht stören. In der Regel wird die 8fache Vergrößerung (schwächste Objektive und Okulare), bei welcher man einen ausreichenden Objektivabstand hat, genügen.

Zur Beleuchtung ohne Lupenanwendung eignen sich kleine zylindrische Nernstlampen, deren Gehäuse man mit Tuch oder Asbest umgibt, so daß man sich nicht verbrennt, wenn man ihnen etwa mit der Stirn zu nahe kommt. Auch Stirnlampen und Reflektoren sind verwendet worden. Im allgemeinen dürften die Einrichtungen den Vorzug verdienen, welche vom Kopf unabhängig aufgestellt sind, weil die Belichtungsverhältnisse sich nicht mit den Kopfbewegungen des Operateurs ändern.

---

*) Bei Katzen und jungen Hunden ist es nicht immer leicht, die Haut ohne Verletzung zu rasieren, wodurch die Sicherheit der Asepsis leiden kann. Hier wäre an Ersatz durch Enthaarungsmittel zu denken.

**) Das von Krause[169]) am Menschen geübte Verfahren, einen Tag vor der Operation den ganzen Kopf zu rasieren und mit einem durch Gummipapier feucht gehaltenen Umschlag von $^1/_2$ % Formalin zu versehen, wird sich am Tier schwer durchführen lassen; ich kam in der oben beschriebenen Weise aus.

***) Man wende sich an die Firma C. Zeiss, Jena.

VII. Instrumente.

Es ist hier nicht möglich, auch nur mit annähernder Vollständigkeit die für Operationen am Zentralnervensystem notwendigen Instrumente anzuführen. Von denen abgesehen, die ganz besonderen Zwecken dienen und die im speziellen Teil zu schildern sind, können nur einige Formen kurz erwähnt werden, die sich als brauchbar erwiesen. Von schneidenden Instrumenten kommen außer den üblichen Messern kleine Sichelmesser, geknöpfte Messer (sog. Tränenfistelmesser), gerade und gebogene Lanzen, Hohllanzen in Betracht, alle aus dem augenärztlichen Instrumentarium; überhaupt kann generell bemerkt werden, daß man unter den Instrumenten der chirurgischen Spezialfächer sehr vieles unseren besonderen Zwecken Dienliche findet. Feine Scheren, Pinzetten und Knochenzangen findet man unter den von Ewald[81]) für seine Labyrinthoperationen angegebenen vorzüglichen Instrumenten*). An Knochenzangen werden schneidende verschiedener Größe sowie hohlmeißelförmige gebraucht; letztere dienen in kleiner Ausführung auch zur Anlegung von schmalen Knochenrinnen. Zur Eröffnung des Schädels dienen außer den bekannten Trepanen die von Krause[169]) empfohlenen Instrumente, die Doyensche Kugelfräse und die Dahlgrensche Zange**). Elektromotorischen Antrieb der Trepane und Fräsen wird man in der Regel entbehrlich finden. Von zahnärztlichen Instrumenten wird hauptsächlich der Bohrer gebraucht und vorzugsweise der Kniestückbohrer, bei dem sich der Bohrer senkrecht zur Handhabe dreht. An dieser Stelle seien auch die unentbehrlichen Gewichtshaken erwähnt, die man sich in der verschiedensten Größe aus etwas biegsamem Material herstellen läßt. Ganz feine derartige Haken, wie sie z. B. zum Anspannen der Dura bei Markoperationen brauchbar sind, biegt man sich aus Insektennadeln; an dem, dem Haken entgegengesetzten Ende befindet sich eine Öse, in welcher der mit einem Gewicht verbundene Faden befestigt wird. Nebenstehende Figur 11 gibt die für die meisten Zwecke geeignetste Form und Größe der Haken an.

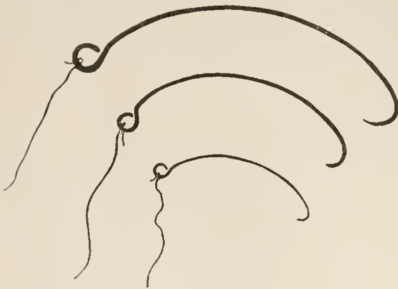


Fig. 11.
Gewichtshaken, natürl. Größe. (Die Schnüre sind nur angedeutet, die Gewichte nicht abgebildet.) Die beiden größeren Formen für Haut und Muskulatur, die kleinste für Dura.

VIII. Operationsregeln.

Der späteren Schilderung der Operationsmethoden können hier schon einige allgemeine Regeln vorausgeschickt werden, wodurch Wiederholungen vermieden werden.

---

*) Von Streisguth in Straßburg zu beziehen.
**) Von Windler in Berlin, N. 24, Friedrichstr. 133a. zu beziehen.

a) Hautschnitt und Ablösen der Muskeln.

Der Hautschnitt kann im allgemeinen in der Richtung des Muskelschnittes angelegt werden, also bei Operationen am Mark in der Regel in Längsrichtung. Lappenschnitte können den Verschluß durch Verband erschweren und verlängern die Naht, wodurch wieder die Möglichkeit einer Nahtinfektion vergrößert wird. Man muß immer im Auge behalten, daß für die Durchführung der Asepsis in der Nachbehandlung bei Tieren die Bedingungen viel weniger günstige sind, als beim Menschen; wenn man nicht sehr große Übung besitzt, wird man immer einmal mit dem Abrutschen eines Verbandes rechnen müssen. Auch bei Schädeloperationen dürfte der mediane Hautschnitt meist am empfehlenswertesten sein. Der Hautschnitt ist ferner den bekannten Regeln entsprechend etwas länger anzulegen, als die beabsichtigte Durchtrennung der tieferliegenden Teile beträgt.

Für die Ablösung der Muskulatur ist die wichtigste Regel, sich immer hart am Knochen zu halten, wodurch die Blutungen sehr erheblich eingeschränkt werden. Wenn möglich, wird das Periost mit abgelöst. Müssen Muskeln getrennt werden, so geschehe dies wenn möglich in Längsrichtung; bei Trennung zweier Muskeln halte man sich genau an die anatomische Grenze. Ist eine oberflächliche Muskelschicht durchtrennt, so wird sie sogleich mit Gewichtshaken zur Seite gezogen, damit die tiefere Schicht gut zu übersehen ist. Kleinere Blutungen werden durch Auflegen oder Andrücken von Watte gestillt; auch wird Anwendung von kaltem Wasser empfohlen.

b) Eröffnung der Schädelhöhle und des Wirbelkanals.

Die Abtragung der Knochendecke beginnt am Schädeldach in der Regel von einem Trepanloch aus, am Wirbelkanal am besten in dem Zwischenraum zwischen zwei Wirbelbögen. Die Hauptschwierigkeit bei der Knochenentfernung bieten die oft profusen Diploeblutungen. Dittmar[68]) empfiehlt zur Verminderung venöser Blutung den Tierkörper in einem Winkel von 45° mit abwärts gerichtetem Hinterteil schief zu stellen. Ferner hilft Andrücken von Watte in vielen Fällen sehr gut, in den meisten ist ein ausgezeichnetes, von Horsley zuerst empfohlenes Mittel das Anstreichen von Wachs (Klebwachs, Modellierwachs) gegen die blutende Fläche. Die Blutung kommt momentan zum Stehen, und man kann nach kurzer Zeit das überstehende Wachs entfernen, ohne die Blutung zu erneuern. Größere Schwierigkeiten kann es machen, wenn bei Entfernung der Wirbelbögen eine der Dura aufliegende Vene verletzt wird, die natürlich nicht stark komprimiert werden kann. Durch vorsichtiges Aufdrücken eines Wattepfropfes kann man die Blutung beherrschen, doch erneuert sie sich oft nach dessen Entfernung. Längeres Abwarten führt meist zum Ziel, auch kann es vorteilhaft sein, das Gewebe zur Seite zwischen Dura und Wirbelbögen zu schieben, wodurch das blutende Gefäß etwas komprimiert wird. Die Dura wird erst nach Aufhören jedes Blutaustritts gespalten; man hebe sie mit Hilfe einer gekrümmten chirurgischen Nähnadel, deren Spitze tangential zur Duraoberfläche geführt wird, empor und schneide mit einer feinen Schere oder spitzem Messer ein; in das Loch wird eine Sonde eingeführt und unter deren Leitung mit einem kleinen geknöpften Messer oder dergleichen weiter-

geschnitten. Die anderen Hirnhäute müssen dabei unverletzt bleiben. In die Dura werden nahe am Schnittrande ganz feine gekrümmte Haken, welche mit Faden und Gewicht versehen sind (Fig. 11), eingestochen, durch welche die Dura zur Seite gezogen und etwas angehoben wird. Im Gegensatz zur Verwendung einer Pinzette hat man so den Vorteil, beide Hände frei zu behalten. Die freigelegte Oberfläche schützt man bei länger dauernden Operationen durch Auftropfen körperwarmer physiologischer Kochsalzlösung vor Abkühlung und Vertrocknung. (Die besonderen Maßnahmen bei Rindenreizung sind in einem späteren Abschnitt erwähnt.)

Eine besondere Besprechung verlangt an dieser Stelle noch die osteoplastische Methode der Schädeleröffnung, die zwar am Tiere, soviel mir bekannt, bisher nicht angewendet wurde, die aber am Affen, besonders an jüngeren Tieren, vorteilhaft verwendet werden dürfte. Bei dieser Methode, deren Schilderung die Angaben von Krause[169]) zugrunde gelegt sind, wird ein aus Weichteilen und Knochen bestehender Lappen gebildet, dessen Stiel im allgemeinen an der Schädelbasis gelegen ist. Von vier Bohrlöchern aus wird der Knochen mit der Dahlgrenschen Zange durchschnitten, die Dura vom Knochen mit Sonden abgehebelt. Bei dickem Schädel wird der Knochen am Stil der Klappe von der Seite mit einem Meißel eingeschlagen. Nach Umklappen des Lappens wird das Ablösen des Knochens vom Periost durch Anlegen einiger Klauenzangen verhindert (vgl. die Abbildungen im zitierten Werk Krauses). Nach beendeter Operation wird die Klappe reponiert und durch Naht fixiert. Bei Tieren wird man bei der Schwierigkeit einer aseptischen Nachbehandlung bei Drainage diese in der Nachbehandlung lieber ganz vermeiden.

c) Blutstillung und Verhinderung von Blutung.

Da die zur Blutstillung dienenden Mittel bei den speziellen Beschreibungen nicht unerwähnt bleiben konnten, ist es an dieser Stelle nicht notwendig, eine ausführlichere Zusammenstellung zu geben. Es sei nur folgendes in Kürze hervorgehoben. Bei Hautschnitten ist die Längsrichtung in der Mittellinie vorzuziehen, da hier keine größeren Gefäße verlaufen. Sonst werden angeschnittene größere Gefäße in bekannter Weise abgeklemmt. Bei der Muskulatur hält man sich, wie schon erwähnt, an die natürlichen Grenzen der einzelnen Muskeln, in der Nähe der Mittellinie daher genau an diese; größere Gefäße werden abgeklemmt, kapillare Blutungen durch Kompression mit einem Wattebausch behandelt. Meist genügt schon die leichte Kompression der Muskeln, die bei Anwendung der Gewichtshaken von selbst eintritt. Für den Knochen kommt die Behandlung mit Wachs, wie erwähnt, vorwiegend in Betracht, für die Dura kann auf den Abschnitt b) verwiesen werden. Bei Schnitt durch den weichen Gaumen sowie Diploeblutungen wenden Karplus und Spitzer[161]) Wattetampons an, welche in ziemlich konzentrierte warme Gelatinelösung getaucht sind. Am Knochen dürfte das Verfahren dem Wachs gegenüber nur bei tiefen, schwer zugänglichen Stellen von Vorteil sein. Nach umfangreichen Entfernungen von Gehirnteilen wird bei Blutungen vorsichtige Tamponade mit einem lockren Wattebausch angewendet, trocken oder nach Befeuchten in heißer Salzlösung, nach Gotch und Horsley[113]) physiol. Kochsalzlösung von 50° C. Auch Berieselung

mit der heißen Lösung kann gelegentlich in Frage kommen. Gotch und Horsley[113]) verwenden zur Blutstillung an Rückenmark und Gehirn ferner Auflegen von Stückchen trocknen, weichen Zunders (Amadou). Stets ist es zweckmäßig, die Dura, die nicht völlig entfernt werden darf, wieder auf die Wundfläche zurückzulegen. An besonderen blutstillenden Mitteln, welche seltener verwendet werden, kommt vor allem Eisenchloridwatte in Betracht; über örtliche Adrenalinanwendung an Hirnwunden scheinen Erfahrungen zu fehlen. Es sei noch betont, daß bei Anwendung besonderer blutstillender Mittel nachzuweisen ist, daß keine schädlichen Nebenwirkungen (Thromben oder dgl.) erzielt wurden.

Alle diese hier nur skizzierten Verfahren haben das gemeinsam, daß sie gegen eine schon bestehende Blutung anzuwenden sind. Eine andere Gruppe von Eingriffen bezweckt, von vorn herein das Auftreten von Blutungen zu verhindern oder einzuschränken. Hier kommt der Verschluß von großen Gefäßen in Betracht, der je nach den besonderen Umständen zeitweise oder dauernd erfolgt. So eröffnete Langendorff[188]) den Wirbelkanal nach Aortenkompression, für Operationen am Gehirn kommt zeitweiser oder dauernder Verschluß der Karotiden in Anwendung.

Es erscheint sogar nicht ausgeschlossen, gelegentlich für kürzere Zeit die ganze Hirnzirkulation zu unterbrechen. In dieser Hinsicht ist die Angabe von Guthrie[123]) von Interesse, daß man einen ganzen Hundekopf unter Erhaltung der Funktionen von Gehirn und Medulla transplantieren, d. h. auf ein anderes Gefäßgebiet eines Hundes überpflanzen kann, und zwar, worauf es hier besonders ankommt, derart, daß sogar nach 29 Minuten dauernder Unterbrechung der Durchblutung die Funktionen sich gut wiederherstellten.*) Nach Scheven[294]) ist auch für das Kaninchen etwa 1/2 Stunde als Grenzwert anzugeben (vgl. S. 54).

d) Verschluß der Dura und der Knochenöffnung.

Die Dura des Rückenmarks kann in der Regel nicht vernäht werden, man begnügt sich, sie möglichst zu reponieren, da sie bei der Wundheilung dem Mark einen gewissen Schutz gegen die Narbe gewährt. Über die in einigen Fällen empfehlenswerte Naht der Schädeldura ist später (S. 95) das Nötige mitgeteilt.

Der Verschluß der Knochenöffnung ist hier nur insofern zu besprechen, als er ein spezifischer ist, also nicht bloß durch Übernähen der Muskulatur erfolgt, welch letzteres an der Wirbelsäule stets und auch am Schädel in der Regel der Fall ist. Bei der osteoplastischen Methode geschieht der Verschluß, wie schon erwähnt, durch Aufnähen des Lappens über die Lücke. Im übrigen sind bisher erst wenige Versuche zu anderweitigem Verschluß von Knochenlücken gemacht worden. Zu erwähnen sind die Versuche von Karplus und Spitzer[161]), welche Knochendefekte mit Guttaperchaplomben verschlossen (S. 71), die Angabe von Franz[93]), das durch Trepanation

*) Im übrigen ist die Erholung des Zentralnervensystems nach Anämie von Burns, Guthrie, Pike und Stewart genauer untersucht worden. Hier kann auf diese Arbeiten nur verwiesen werden (vgl. Journ. of experim. Medic. **8.** 1906. 289; **10.** 1908. 371; Americ. Journ. of Medic. **17.** 1906. 344; **19.** 1907. 328; **20.** 1907. 61 u. 407; **21.** 1908. 359; **22.** 1908. 51.

entfernte Knochenstück nachher in die Lücke wieder einzusetzen*); ihr steht das kürzlich von Economo und Karplus[75]) verwendete Verfahren nahe, ein großes viereckiges Knochenstück aus dem Schädeldach vollständig herauszunehmen und nach dem Hirneingriff wieder einzusetzen; es tritt knöcherne Verheilung ein. Weiter schließt sich die Beobachtung von Krause an, daß man selbst tote, ausgekochte Knochenstücke einheilen kann, so daß diese natürlich einem beliebigen Knochen entnommen werden können. Über die Verwendung von Platten von Zelluloid oder Aluminium findet man Näheres ebenfalls in dem schon mehrfach zitierten Werk Krauses[169]). Auf alle diese Verfahren kann hier nur kurz verwiesen werden, da sie in der Regel bei den Tieren, die einen stark entwickelten den Defekt verschließenden Temporalmuskel besitzen, entbehrlich sind, wenn auch in andrer Richtung (Verhinderung von Kyphosen nach ausgedehnten Eröffnungen des Wirbelkanals u. a. m.) noch Fortschritte zu erwarten sein dürften.

Über die osteoplastischen Methoden der Chirurgen zum Verschluß der Knochenöffnung wurde schon bei Besprechung der Eröffnung der Schädelhöhle das Nötige mitgeteilt.

Bei jungen Tieren fand ich gelegentlich einen weitgehenden knöchernen Verschluß großer Schädelöffnungen nach vollständiger Knochenentfernung eintreten, wenn das abgehebelte Periost über den Hirndefekt vernäht war. Hierdurch wird auf die Dauer derselbe Schutz der Operationsstelle erzielt wie bei der primären Knocheneinheilung, die damit natürlich keineswegs stets ersetzbar sein wird.

e) Naht und Verband.

Im Interesse einer aseptischen Heilung empfiehlt es sich in der Regel, die Naht möglichst dicht anzulegen (Knopfnaht) und die Wunde außerdem durch einen guten Verband zu verschließen. Als Nahtmaterial kann stets Seide verwendet werden (englische Autoren verwenden vielfach Pferdehaarnaht), die Muskelnähte heilen ein, die Hautnähte werden nach 8 Tagen entfernt, oder auch sich selbst überlassen, was bei widerspenstigen Tieren oft das einfachste ist; sie stoßen sich schließlich von selbst ohne Störungen ab. Die Muskulatur wird, wenn sie in mehrfacher Schicht vorhanden ist, auch in Etagen genäht; besonders dicht ist die oberste Nahtreihe zu setzen, um die Tiefe der Wunde auf alle Fälle zu schützen. Die einzelnen Hautnahtstiche werden in einer Entfernung von etwa 3—5 mm voneinander gesetzt. Bei dem Zuziehen der Fäden kann der Gehilfe mit einer aseptischen Pinzette für glattes Aneinanderlegen der Hautflächen sorgen; bei einiger Vorsicht ist dabei keine Desinfektion der Hände nötig. In der Regel wird man aber ohne Hilfe auskommen. Die Dura wird, wie schon erwähnt, in der Regel nicht genäht**).

Es ist noch die Frage nach der Notwendigkeit der Drainage zu berühren. Bei Rückenmarksoperationen kann sie stets entbehrt werden, wenigstens konnte ich bei Katzen, Affen und Hunden stets durch feste Naht

---

*) Die Knochenscheibe wird bis zum Wiedereinsetzen in Kochsalzlösung gelegt und später durch einen festen Verband fixiert.

**) Für die Gehirndura vergleiche aber S. 95.

glatte Heilung erzielen. Auch bei Schädeloperationen ist sie nicht notwendig, selbst nach Entfernung der einen Hälfte des Schädeldaches und einer Großhirnhälfte (Katzen und Hunde) führte in meinen Versuchen die feste Naht zum Ziel. Es liegt auf der Hand, daß hiermit ein großer Vorteil verbunden ist, da sich einer sachgemäßen Nachbehandlung der Drainage beim Tier mancherlei Schwierigkeiten entgegenstellen.

Daß sich die Stärke der beim Nähen verwendeten Nadeln und der Seide nach der Größe des Tieres und der Derbheit der Haut richten, ist selbstverständlich; bei Tauben sind Vömelseide Nr. 0 und Konjunktivalnadeln („Augennadeln") geeignet, für größere Tiere (Katzen, Hunde etc.) Nr. 3 desselben Fabrikates.

Als Verband ist bei kleineren Tieren der Verschluß durch Kollodium der geeignetste. Die Nahtstelle wird durch Tupfen mit steriler Watte, die Umgebung und besonders auch die angrenzenden Haarpartien mit Äther getrocknet; auf die Nahtstelle kommt dann ein Streifchen Mull und darauf Kollodium. Das Tier wird erst vom Halter genommen, wenn das Kollodium fest geworden ist. Gerade bei diesen Verbänden, die bei Kaninchen, Katzen und kleinen Affen sehr brauchbar sind, kann man auf die Nahtentfernung verzichten. Bei größeren Schädeloperationen ist der unten beschriebene Stärkeverband vorzuziehen.

Bei Tauben kann man ebenso verfahren; meist genügt es aber, einfach auf die Nahtstelle eine ganz dünne Lage Watte aufzulegen, sie klebt durch die Spuren von austretendem Blut an und bildet dann genügenden Schutz. Die Fäden brauchen hier nicht entfernt zu werden.

Für größere Tiere, besonders Hunde, bei denen die Nahtstelle eher ein wenig sezerniert, sind Verbände, bei denen etwas mehr aufsaugendes Material verwendet wird, zweckmäßiger. Bei Operationen am Nacken und Kopf wird die auf der Nahtstelle liegende Lage Watte zuerst mit einer Mullbinde, dann mit einer in warmem Wasser aufgeweichten und wieder ausgedrückten Stärkebinde festgehalten; das Ende dieser Binde wird mit einer Nadel befestigt. Das Tier wird erst nach Antrocknen der Stärke sich selbst überlassen. Vielleicht ist noch erwähnenswert, daß man für den Kopf die Wickeltouren im Nacken ringförmig führt, dann schräg über das Schädeldach hinweg, zwischen Ohren und Augen wieder ringförmig, so daß nach mehrmaliger Wiederholung dieser Touren alle Teile von der Nasenspitze bis zum Beginn des Halses bedeckt sind, und nur die Ohren herausragen: der Verband kann dann nicht leicht abrutschen. Bei Hautwunden, die vorn ganz bis an die Nasenwurzel heranreichen (z. B. große Hirnexstirpationen) habe ich es nötig gefunden, den Verband vorn mit einigen Nähten direkt an die Haut zu fixieren und dem Tier (Hund oder Katze) einen an der Stirnseite mit Leder bezogenen Maulkorb zum weiteren Schutz anzulegen; sonst ist bei dem oft vorhandenen Bestreben der Tiere, sich mit der Schnauze in ihr Lager einzugraben oder in die Ecken des Käfigs zu drücken, eine Hautinfektion nicht immer zu vermeiden. Während der Beobachtung und Fütterung wird der Maulkorb entfernt. Meist genügt jedoch das Annähen des Verbandes an die Haut. In der Gegend der Extremitäten kann der Verband ganz analog dem besprochenen Kopfverband angelegt werden, die Extremitäten selbst bleiben frei beweglich. Am Rücken wird man den Ver-

band mit Heftpflasterstreifen befestigen, wenn man nicht Kollodium vorzieht, das hier auch am Hunde gute Dienste leistet (Heineke, briefl. Mitt.).

Obwohl eigentlich erst der Nachbehandlung angehörend, sei doch schon im Anschluß an das Gesagte das Nötige über Verbandwechsel und Nahtentfernung mitgeteilt. Sie werden nach 8—10 Tagen vorgenommen. Die Fäden werden mit der Pinzette, die natürlich ebenso wie die Schere zu sterilisieren ist, am Knoten gefaßt und seitlich durchtrennt. Zur Vorsicht kann man über die Nahtstelle nochmals für einige Tage etwas sterile Watte und einen leichten Verband anbringen.

Bei einer nach diesen Regeln durchgeführten Behandlung können die Aussichten hinsichtlich einer glatten Wundheilung als sehr günstige bezeichnet werden; mir selbst kamen Nahtinfektionen nur in einigen wenigen Fällen vor, in denen ungeeignete, sich ablösende Verbände angelegt waren. In der Literatur sind leider nicht sehr viele Erfahrungen niedergelegt; ich hoffe aber, daß man mit den hier mitgeteilten stets auskommen wird.

Wenn doch einmal durch Abrutschen eines Verbandes eine Infektion, die ohne Behandlung zu einem subkutanen Abszeß führen würde, eintritt, so entfernt man einige Fäden der Naht und führt zweimal täglich Tamponade mit sterilen Gazestreifen, die in den ersten Tagen auch in Sublimatlösung 1:1000 getränkt werden können, aus. Die Wunde heilt dann rasch durch Granulation; ein Weiterdringen der Entzündung in die Tiefe läßt sich, wenn die Muskulatur sorgfältig genäht war, leicht vermeiden und die Tiere sind in ihrem Wohlbefinden nicht gestört.

IX. Nachbehandlung.

Tauben wickelt man nach größeren Operationen für die ersten Stunden in ein Handtuch ein, das vorn und hinten durch Sicherheitsnadeln so zusammengesteckt wird, daß das Tier nicht heraus kann. Ist das Tier vormittag operiert, so kann man es nachmittag auswickeln. Ein weiches Lager ist nur bei stärkeren Bewegungsstörungen nötig.

Eine geeignete Lagerstätte ist bei Säugern wichtig, um den Operationserfolg auch in der Nachbehandlung zu sichern. Bei unruhigen Tieren, etwa Hunden nach Kleinhirnoperationen, muß ein Anschlagen des Kopfes an festere Gegenstände durchaus vermieden werden. Man bereite auf nicht zu kleiner Fläche ein dickes Strohlager und umstelle es mit flachen, mit Stroh ausgestopften Säcken, die an einen das Lager umgebenden Bretterzaun oder dergleichen befestigt werden. Gelegentlich darf man es sich nicht verdrießen lassen, ein sehr unruhiges Tier einige Zeit zu beaufsichtigen und durch leichten Druck mit den Händen vor Schaden (Nachblutungen) zu bewahren. In der Regel aber kann man die Tiere nach den Operationen sich selbst überlassen. Ein dickes Strohlager, eventuell in einem Drahtkäfig mit Urinabfluß, ist am geeignetsten.

Nach vollständigen Durchtrennungen des Rückenmarks ist es eine wichtige Aufgabe der Nachbehandlung, das Entstehen von Dekubitus zu verhüten oder ihn zur Heilung zu bringen. Philippson[258]) gelang letzteres durch tägliche Behandlung bei Hunden; bei Affen blieben die Wunden bestehen, waren aber ohne Einfluß auf die allgemeine Gesundheit der Tiere.

In der Behandlung hält man sich an die Erfahrungen der Chirurgen. Das Lager sei stets trocken, das Tier liege nie längere Zeit oder gar ausschließlich auf einer Seite, sondern ist häufig umzulegen; Goltz[107]) empfiehlt Lagerung in einer Hängematte. Ferner sind Bäder und Waschungen zu verwenden, von welchen Stricker[340]) und Singer[320]) gute Erfolge sahen.

Ebenfalls bei Durchtrennungen des Rückenmarks darf die Entleerung von Urin und Fäces nicht außer acht gelassen werden. Hebt man das Tier am Oberkörper in die Höhe, so fließt, nach Stricker[340]), der Harn durch den Druck der angespannten Bauchwand ab. Wenn nötig, wird man durch leichten Druck mit der Hand nachhelfen. Nur bei Affen kann es, nach Sherrington[311]), im Anschluß an totale Durchtrennungen des Rückenmarks notwendig werden, die Blase wegen Urinretention durch Katheterisieren zu entleeren. Defäkationsstörungen bestehen hingegen auch hier nicht.

Nach starken, das Leben gefährdenden Blutverlusten wird man zeitig zur subkutanen Infusion von warmer physiologischer Kochsalzlösung (steril) oder nach einem Vorschlag von Langendorff[189]) besser von Ringerlösung*) (weil diese für das Herz geeigneter ist) schreiten. Genauere Regeln, woran die Notwendigkeit der Injektion zu erkennen ist, lassen sich kaum aufstellen, von der Größe des Blutverlustes abgesehen. Ferner kann versucht werden, durch zeitweises Umschnüren der Extremitäten mit Esmarchschen Binden die Blutfüllung des Herzens und Gehirns zu erhöhen; doch stehen mir hierin keine Erfahrungen zur Verfügung. Schließlich ist noch an Bluttransfusion von einem anderen Tier der gleichen Art her zu denken.

Eine weitere Frage der Nachbehandlung ist die nach einer geeigneten Ernährung. Es handelt sich weniger darum, welche Nahrung zugeführt werden soll — man hält sich auch nach der Operation an das für Tiere übliche Futter — sondern ob künstliche Ernährung notwendig werden kann. Es muß als Regel bezeichnet werden, daß man stets ohne künstliche Nahrungszufuhr (etwa durch Schlundsonde) auszukommen versuchen soll, und man wird in der Tat ohne sie auskommen. Affen machen keine Schwierigkeiten (Munk[230])), man gibt ihnen Rüben, Früchte, Brot, Nüsse usw. Katzen nehmen meist am zweiten Tage wieder ihr gewohntes Futter; bei Hunden, die nicht von selbst wieder fressen, ist es, wie Lewandowsky[197]) betont, nötig, die Nahrung den Tieren immer wieder anzubieten. Man darf dabei nicht versuchen, Zwangshaltungen des Kopfes durch Festhalten verbessern zu wollen. In schwierigen Fällen fand ich es zweckmäßig, Milch oder dünnen Brei mit einer Pipette (mit Gummiansatz zum Einsaugen der Flüssigkeit) in das Maul bei etwas erhobener Schnauze einlaufen zu lassen, und zwar zwischen Zahnreihe und die mit dem Finger etwas zur Seite ge-

---

*) Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß es nach den Untersuchungen von Gies[105]) sowie von Guthrie, Pike und Stewart[124]) nicht möglich ist, etwa in kurzdauernden Versuchen das Blut durch eine Salzlösung zu ersetzen, wodurch für schwierige Operationen manche Vorteile gewonnen würden. Salzlösungen sind nach diesen Autoren ungeeignet, die Funktion von Hirn und Medulla zu unterhalten, auch wenn beträchtliche Mengen Blut hinzugesetzt werden. Selbst defibriniertes Blut ist nur wenige Minuten ohne Schaden zu verwenden. Hier sind jedoch die Erfahrungen von v. Cyon[63]) zu vergleichen, welche doch zeigen, daß eine künstliche Zirkulation gelegentlich mit Nutzen angewandt werden kann (vgl. S. 109).

zogene Backenwand. Sollte man doch eine Sondenernährung für nötig halten, so verfährt man in der bekannten Weise so, daß man dem Tier zunächst ein in der Mitte durchbohrtes Holzstück quer zwischen die Zähne steckt und die Sonde (bei kleinen Tieren einen elastischen Katheter) durch das Loch einführt. Das Tier wird dabei mit dem Bauch nach vorn zwischen den Knieen gehalten.

Besondere Schwierigkeiten hatte Goltz [110]) bei der Ernährung seines großhirnlosen Hundes zu überwinden. Um dem Tiere Fleischnahrung zuzuführen, war es in der ersten Zeit nötig, daß ein Gehilfe den Kopf des Tiers fixierte, ein anderer die Kiefer auseinander hielt und daß dann die Fleischstücke tief in den Rachen geschoben wurden. Nach Loslassen des Kopfes schluckte der Hund die Stücke. Schwieriger war die Zufuhr von Flüssigkeit (Milch). Die Anwendung der Schlundsonde bewährte sich nicht. Da die Flüssigkeit bei Einschütten in den Rachen oft in den Kehlkopf gelangte, wurden aus Schafdarm kleine, mit Milch gefüllte Würstchen hergestellt, die in toto verschluckt wurden. Ferner wurde in sinnreicher Weise das Tier veranlaßt, ein Stück Darmschlauch am einen Ende hinabzuschlucken, vom anderen Ende aus wurde, wie durch eine Magensonde, Milch in den Magen gebracht, die innerhalb des Darmschlauchs vom Tiere geschluckt wurde. Im weiteren Verlauf des Versuchs vereinfachte sich die Fütterungsmethode; der Hund nahm die Nahrung zu sich, wenn sie ihm bis an die Schnauze gehalten wurde.

Katzen, denen beiderseits der Großhirnmantel entfernt war, konnten wir durch Einträufeln von Milch (oder Hackfleisch in Milch) in das geöffnete Maul (bei zurückgebogenem Kopf) und Einschieben von Ballen gehackten Fleisches bis gegen den Zungengrund leicht und reichlich ernähren.

Bei Vögeln ist künstliche Fütterung z. B. bei dem häufiger ausgeführten Experiment der Großhirnexstirpation nötig. Man gebe Erbsen oder kleinkörnigen Mais, zweimal täglich je etwa 30 Körner, etwas weniger, wenn der Kropf zur Fütterungszeit noch nicht leer geworden ist, was sich leicht von außen durchfühlen läßt. Man wickelt die Tiere in ein Handtuch oder bringt sie besser unter ein kastenartiges Gestell, aus dem nur der Kopf herausragt, hält mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand den Schnabel auf und führt mit der rechten zwei bis drei Körner auf einmal ein, ohne weitere Manipulationen anzuwenden: die sogleich eintretende Schluckbewegung befördert die Körner weiter. Wasser wird mit einer kleinen Saugpipette gegeben. Man überzeuge sich nach dem Füttern durch Befühlen des Halses von außen, daß alle Körner auch wirklich bis in den Kropf befördert wurden und keins weiter oben stecken blieb, wodurch das Tier ersticken kann (vgl. [346]). Man vergleiche auch die Angaben Ewalds [81]).

Auf die Temperatur der Tiere ist unter Umständen aus zweierlei Gründen zu achten. Erstens kann unter dem Einfluß der näheren Umstände der Operation eine Temperaturherabsetzung des Körpers eintreten. Stärkere Grade wird man durch Befühlen, z. B. der Schenkelbeuge, leicht feststellen, im übrigen wird die Temperatur rektal gemessen. Bei steigender Temperaturabnahme ist Wärmezufuhr nötig. Kleinere Tiere bringt man in einen der zu den verschiedensten Zwecken gebrauchten Thermostaten, der auf etwas über 30° C. temperiert sein kann. Größere Tiere deckt man mit

warmen wollenen Tüchern zu, bringt sie in die Nähe eines Ofens oder dergleichen; am geeignetsten sind nach Goltz und Ewald[112]) große Blechkästen mit doppelten Wänden, zwischen denen konstant-temperiertes Wasser zirkuliert. Eine künstliche Wärmezufuhr ist nach den genannten Autoren besonders bei totaler Halsmarkdurchschneidung (Hund) notwendig.

Zweitens kann eine Temperaturerhöhung der Tiere bei Infektion der Wunde zu Temperaturmessungen Anlaß geben. Örtliche Bekämpfung der Infektion (siehe oben) wird das hauptsächliche Gegenmittel sein. Ferner kommen Temperaturmessungen nach dem „Wärmestich" in Betracht. Über Temperaturmessung der Hirnsubstanz selbst vgl. S. 33.

Da die normale Körpertemperatur der Tiere zur Feststellung einer abnormen Temperatur bekannt sein muß, und da die erstere mit der des Menschen nicht übereinstimmt, ja wieder bei den einzelnen Tieren verschieden ist, seien hier einige Durchschnittswerte für die tierischen Normaltemperaturen angegeben.

Bei Vögeln liegt die mittlere Temperatur nach Simpson und Galbraith[319]) zwischen 41° und 42° (speziell bei Tauben desgl.).

Für das Kaninchen ergeben die Messungen, deren Literatur bei Ito[147]) zu finden ist, im Mittel für das Minimum und Maximum 38° und 40° C.; Simpson und Galbraith[319]) finden 39° und 40°.

Für Hunde ergibt sich nach Simpson und Galbraith[319]) ein Maximum von 38,8°, ein Minimum von 37,9° C.

Bei Affen (Macacus rhesus) fanden Elyre und Kennedy[86]) als Mittel für die Morgentemperaturen 38,2°, für die Abendtemperaturen 38.6° C.; Simpson und Galbraith[319]) bei Rhesus und Sinicus eine Mitteltemperatur von 38°, tägliche Schwankungen von 2—3°.

Wegen anderer Tiere ist besonders auf die Arbeiten der letzteren Autoren zu verweisen.

X. Methoden der Funktionsprüfung.

a) Untersuchung der Sinnesfunktionen.

Wegen der Auswahl der in diesem Kapitel behandelten Methoden zur Funktionsprüfung des Zentralnervensystems kann auf die Vorbemerkungen verwiesen werden.

Der Geruchsinn wird nach Ossipow[251]) bei verbundenen Augen des Tieres geprüft. Man läßt die Tiere (Hunde), die sich bald an den Verband gewöhnen, Fleischstückchen am Boden aufsuchen, oder hält ihnen dieselben vor, worauf Bewegen der Nasenflügel und Vorstrecken des Kopfes eintritt; auf Origanumöl weichen die Tiere zurück.

Nach dem Prinzip der Dressuren (vgl. unten) ist neuerdings Kalischer[159]) auch zur Prüfung des Geruchsinnes vorgegangen. Hunde wurden so dressiert, daß sie Fleisch nur in Verbindung mit ganz bestimmten Gerüchen nehmen. Es läßt sich eine Unterscheidung für einander nahestehende Gerüche erzielen.

Zur Geschmacksprüfung bediente sich z. B. Sherrington[311]) des Chinins und Pfeffers.

Die Prüfung des Gesichtssinnes, wegen derer vor allem auch auf die anschauliche Schilderung von Goltz[107a]) zu verweisen ist, geschieht nach Hitzig[137]) am besten in der Schwebe, an welche die Tiere (Hunde) schon vor

dem operativen Eingriff zu gewöhnen sind. In ein Stück Sackleinewand werden für die Extremitäten 4 Löcher geschnitten, die Leinewand wird über den Rücken des Hundes zusammengeschlungen, mit einigen spitzen Doppelhaken durchbohrt und mit diesen an einem Längsbalken aufgehängt. Die Sehprüfung wird durch schnelles Öffnen und Schließen der Branchen einer Pinzette, wobei normal Blinzeln erfolgt, vorgenommen, oder es wird ein in der Pinzette gehaltenes Fleischstückchen von hinten her in das Gesichtsfeld eingeführt. Imamura[146]) benutzt, ebenfalls in der Schwebe, Vorführen von Gegenständen von der Seite her oder Aufblitzenlassen einer elektrischen Lampe. Ferner wendet er die „Wurstperimetrie“ an: Wurststückchen werden halbkreisförmig auf den Boden gelegt und dann der Hund so an dieselben herangebracht, daß die Medianebene des Kopfes zunächst gegen eines der mittleren Stückchen gerichtet ist. Er frißt dann ein Stückchen nach dem anderen nach jener Seite, für die er nicht amblyopisch ist. Ähnlich fand schon Goltz[108]), daß ein links operierter Hund von einem ihm gereichten Teller mit Fleisch zuerst die linke Hälfte leer frißt.

Auch das Verfahren von Yoshimura[367]) ist noch zu erwähnen, bei welchem zwei Fleischstückchen an je etwa 20 cm langem Draht dem Hund vor die Augen gehalten und hierauf gleichmäßig schnell zur Seite geführt werden. Das Tier verfolgt dabei dasjenige Stück, welches es besser sieht. Von Kurzveil[175]) wird noch die Verwendung von brennenden Streichhölzchen zu gleichen Zwecken erwähnt.

Bei Papageien hat Kalischer[154]) die Sehprüfung an dem auf der Stange sitzenden Tier mit auf Stricknadeln gesteckten Stücken Mohrrübe oder dergleichen vorgenommen. Bei Hühnern und Tauben wird man bei einseitigen Sehstörungen das Aufpicken auf den Boden gestreuter Körner in einfacher Weise zur Beobachtung heranziehen können. An normalen Vögeln ist das Sehvermögen besonders von Hess[135]) vermittels des Körnerpickens untersucht worden, worauf hier in methodischer Beziehung zu verweisen ist.

Außer diesen besonderen Maßnahmen kommt bei allen Sehprüfungen natürlich auch das Verhalten des sich frei bewegenden Tieres (Anstoßen an Gegenstände u. dgl.) sehr in Betracht, worauf wohl nicht weiter eingegangen zu werden braucht.

Der optische Blinzelreflex wird wohl am einfachsten durch Annähern der Hand untersucht (vgl. auch oben die Angabe von Hitzig). Bei der Katze fand ich es zweckmäßig, im Dunkelzimmer mit elektrischer Taschenlampe zu untersuchen. (Bei einem beiderseits großhirnlosen Tier war nur in dieser Weise der Reflex auszulösen, im Hellen nicht deutlich.)

Im Anschluß hieran seien einige Bemerkungen über die Prüfung des Pupillarreflexes gemacht. Besonders bei häufig wiederholter Prüfung, wie sie erforderlich sein kann, ist auffällig, wie schnell der Reflex sich erschöpft (Katze). Will man sicher gehen, so empfiehlt es sich, für eine bestimmte Lichtstärke diejenige Belichtungszeit und zulässige Häufigkeit der Belichtung festzustellen, bei der in längerer Zeit keine Abnahme des Reflexes eintritt; natürlich sind hierbei der wechselnde Grad der Narkose und andere Nebenumstände zu berücksichtigen.

Für die Untersuchung der verschiedensten Sinnesfunktionen sind in neuerer Zeit die Dressurmethoden von großer Wichtigkeit geworden. Sie beruhen auf dem Prinzip der Abrichtung des Tieres auf eine bestimmte Antwortshandlung, welche auf ein bestimmtes Zeichen hin zu erfolgen hat, eine Abrichtung, wie sie zuerst von Goltz[107a]) in Verbindung mit Gehirnoperationen vorgenommen wurde. Eine weitere Verwendung und Ausbildung erfuhr die Methode durch Munk[230]), Gaule[104]) und später durch Franz[91]) sowie Kalischer[155]) u. a.

Die von Kalischer[155]) zur Prüfung des Gehörsinnes ausgebildete Methode, mit der es gelang, die Hörfähigkeit für bestimmte Töne zu untersuchen, besteht darin, daß Hunde darauf abgerichtet werden, nur bei einem ganz bestimmten Ton ihr Futter zu nehmen. Durch Kontrollversuche wurde gezeigt, daß es sich hier tatsächlich um akustische Reaktionen handelt. Die Angaben Kalischers bezüglich der Dressur, die in überraschend kurzer Zeit zu erreichen ist, wurden von Rothmann[283]) bestätigt. Er dressiert ferner in ähnlicher Weise, anschließend an Munk[230]), Hunde auf bestimmte Zurufe und unterscheidet diese „Zurufdressur" von der „Tondressur". Es ist klar, daß diese Dressurversuche, die unabhängig von Kalischer auch im Pawlowschen Institut vorgenommen wurden, ein ausgezeichnetes Mittel an die Hand geben, um die Hörfähigkeit nach Gehirnoperationen zu untersuchen.

Auch für die Untersuchung der Hautsinne ist in neuerer Zeit die Dressurmethode schon verwendet worden. Hier hat die Methode in der Hand von Kalischer und Lewandowsky[158]) zu wertvollen Resultaten geführt. Diese Autoren dressierten Hunde auf Temperaturreize derart, daß die Tiere vorgelegte Fleischstücke nur dann aufnehmen, wenn eine ihrer Pfoten in warmes Wasser von etwa 40° C getaucht wird, nicht aber bei Anwendung von kaltem Wasser von 5—10°. Es wurde so der Verlauf der Bahnen mittels Halbseitendurchschneidung untersucht.

Im übrigen sind die üblichen Sensibilitätsprüfungen beim Tier mit manchen Schwierigkeiten behaftet, besonders weil auch hochstehende Tiere (Affen nach Mott[223])) gegen „schmerzhafte" Reize, wie Nadelstiche, sich ganz indifferent verhalten können. Es wurden deshalb von manchen Autoren (z. B. Munk[232]), Mott[223. 224])), nach dem Vorgang von Schiff, Klemmen angewendet. Munk[232]), welcher scharf gezahnte, stark federnde Klemmen benutzte, hatte daran bei Hunden und Affen ein sehr wertvolles Hilfsmittel der Untersuchung. Schäfer[291]) hingegen kam beim Affen zu dem Ergebnis, daß diese Probe nicht zuverlässig sei. Tiere, welche selbst den starken Druck einer Klemme an der Haut einer gelähmten Extremität nicht berücksichtigen, reagierten sofort auf leichte Berührung. Es scheint, daß beim normalen Tier geringe Muskelbewegungen den Druck der Klemme fühlbarer machen, und es würde hiernach diese Methode wenigstens bei gleichzeitiger motorischer Lähmung nicht geeignet sein. Eine andre Methode, welche für die vorige in mancher Hinsicht Ersatz leisten kann, stammt von Goltz[107a]). Er legte die ausgestreckte Pfote des zu untersuchenden Hundes zwischen zwei durch einen Lederstreifen scharnierartig verbundene Latten und stellte auf die obere Gewichte, wodurch der Druckreiz in leicht ersichtlicher Weise abgestuft werden konnte. Zur Prüfung der Reaktionen auf Tastreize benutzte Schiff[297]) die bei akuter Anämie eintretende Erreg-

barkeitssteigerung. Kaninchen wurde reichlich Blut entzogen, bis sie in einen schlafähnlichen Zustand verfielen; bei vorsichtigen Berührungen traten Öffnen der Augen, Ohrenbewegungen, Beschleunigung der Atmung u. a. m. ein. Zu ähnlichem Zweck der Erregbarkeitssteigerung bei Untersuchung der Rückenmarksreflexe empfehlen Guillebeau und Luchsinger[121]) Anfrischung des Rückenmarkquerschnitts oder starke elektrische Reizung desselben. Daß Strychnin zum Zwecke der Erregbarkeitssteigerung nicht in jedem Falle ohne Bedenken angewandt werden kann, da es neueren Feststellungen entsprechend den Reizerfolg nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ verändert, darf in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben.

Wertvolle Angaben über die Prüfung der Hautsinne beim Affen macht Sherrington[312]). Das Tier wird in einem ruhigen warmen Raum durch den Wärter, der es täglich füttert, im Arm gehalten. Von Zeit zu Zeit während der Untersuchung, die vor der Fütterung vorzunehmen ist, wird etwas Zucker gegeben. Die Haut des Untersuchungsbereichs wird rasiert, jede Hautstelle, deren Reizung beantwortet wurde, durch Anilinfarbe markiert. Die Reizart ist während der Untersuchung häufig abzuwechseln, das Tier darf die Reizanwendung nicht sehen. Zur Tastprüfung wird die Haut an einer vollempfindlichen Stelle (es handelte sich um Durchschneidung einer Wurzel) mit einem durch Strom erwärmten Draht berührt. Sobald das Tier wieder zur Ruhe kommt, bewirkt eine leise Berührung, auf die durch den vorhergehenden Reiz gewissermaßen die Aufmerksamkeit des Tieres schon gelenkt ist, eine starke Reaktion. Zur Schmerzprüfung wird ein Platindraht V-förmig gebogen; der den Draht erhitzende Strom wird erst nach vorübergegangener Tastreaktion geräuschlos geschlossen. Oder es werden durch eine Linse Wärmestrahlen auf die Haut konzentriert oder die Haut mit kleinen Klemmen gekniffen. Faradische Ströme sind nicht so wirksam. Temperaturprüfung wird in der aus der Klinik bekannten Weise mit Reagenzgläsern oder Kupferstangen ausgeführt. Die Reaktion des Tieres bestand u. a. darin, daß die Augen, die in einem für die Beobachtung sehr geeigneten Zustand von Schläfrigkeit halb geschlossen waren, geöffnet wurden.

Simpson[316, 317]) verwendete eine am Ende eines Stockes befindliche Nadel, mit der die Haut berührt oder gestrichen wird, während ein anderer die Aufmerksamkeit des Tieres ablenkt. Ist das Tastgefühl erhalten, so sieht das Tier um sich, und zieht das Glied weg usw. Auf Schmerz wurde durch Nadelstiche untersucht, und zwar ging diese Untersuchung voraus. Zur Temperaturprüfung wurde das Tier in eine Schwebe gebracht (s. o.) und ein Gefäß mit heißem oder kaltem Wasser von unten genähert, so daß die Finger oder Zehen hineintauchten. Die Reaktion bestand im Wegziehen der Extremität oder in Unruhe des Tieres.

Die sogenannte tiefe Sensibilität, das Lagegefühl, kann durch künstliche Herstellung abnormer Stellungen der Extremitäten untersucht werden. Am Hunde versucht man z. B. die Pfoten vorsichtig auf das Dorsum aufzusetzen und stellt fest, ob das Tier, wie es das normale tut, die Pfote sofort wieder richtig aufsetzt, oder ob die hergestellte falsche Stellung bestehen bleibt, obwohl das Körpergewicht auf dem abnorm gestellten Gelenke lastet. Auch an Vögeln können solche Untersuchungen in mannigfacher Weise vorgenommen werden ([346]). Hieran schließt sich die

Feststellung des Widerstandes, den die Extremität gegen passive Bewegungen bietet, und welcher sich nach der Stärke des in der Ruhe vorhandenen Muskeltonus und nach den durch die Passivbewegungen ausgelösten Gegenbewegungen richtet. Mehr eine Mittelstufe zwischen Prüfung sensibler und motorischer Funktionen nimmt die Untersuchung des Gehens des Hundes auf einer Leiter ein (Lattenbrücke von Goltz[109]), Auf- und Absteigen auf einer Treppe, und ähnliche von den verschiedenen Autoren angewandte Maßnahmen. Sie leiten zu den weiter unten besprochenen Untersuchungen der Bewegungsstörungen über.

Weitere Methoden kommen noch in Betracht, wenn die Sensibilitätsprüfung nicht am intakten (oder bloß voroperierten) Tier, sondern im direkten Anschluß an operative Eingriffe oder während derselben vorgenommen werden soll, wobei das Tier nicht länger am Leben erhalten wird. Man hat das Verhalten des Blutdrucks, von der Karotis aus geschrieben, bei peripherer Reizung als Indikator für den Reizerfolg benutzt (Miescher[216]), Tengwall[343]), beide am Kaninchen, Bickeles und Zaluska[36]) am Hunde); erfährt ja der Blutdruck unter Umständen schon auf leichteste Reize, z. B. Anblasen der Haut beim Kaninchen, eine Änderung. Sherrington[309]) fand hingegen diese Methode unter besonderen Bedingungen bei der Katze wenig brauchbar; wenigstens dauert bei ausgiebigen Freilegungen von Nervenwurzeln die Narkose so lange, daß der Blutdruck nicht konstant genug zu halten ist, und daß selbst verhältnismäßig starke Reize keine Änderungen am Blutdruck hervorrufen. Geeigneter ist dann nach Sherrington die Beobachtung der durch Reizung sensibler Nerven bedingten Änderungen des Atemrhythmus, die unter anderen auch von Hering[130]) benutzt wurden. Jedoch kommt dies ebenso wie das Verhalten der Pupille nicht ausschließlich für die oben näher angegebenen Versuchsbedingungen in Betracht.

Zu den mannigfachen methodischen Schwierigkeiten, welche sich den hier in Rede stehenden Funktionsprüfungen entgegenstellen, kommen weiter gelegentlich solche prinzipieller Natur. Streng genommen handelt es sich bei der Untersuchung der „Empfindungen" des Tieres (über die wir ihrer subjektiven Natur nach nichts ermitteln können) immer nur um Vorhandensein oder Fehlen einer auf Reiz eintretenden Antwortsbewegung, die sich an der Muskulatur des gereizten Teiles oder auch entfernter Partien oder des ganzen Körpers in sehr verschiedener Komplikation abspielen kann. Die Aufgabe der hier in Betracht kommenden Prüfungen besteht im allgemeinen darin, den Weg zu ermitteln, welchen die Erregungsprozesse aufsteigend im Nervensystem verlaufen und die Stellen, an denen sie in andere Prozesse verändernd eingreifen. Am einfachsten ist das Resultat zu deuten, wenn nach einem operativen Eingriff eine vorher gesetzmäßige Antwortsbewegung fehlt, vorausgesetzt, daß die Bewegungsfähigkeit an sich nicht gestört ist. Schwieriger kann aber die Beurteilung des Falles sein, wenn trotz des Eingriffes, der etwa am Rückenmark liege, die Reaktion noch besteht. Es muß dann die Möglichkeit ausgeschlossen werden, daß ein lediglich im kaudalen Teil sich abspielender Reflex vorliegt, oder daß, wenn die Reaktion auch im Vorderkörper eintritt, diese indirekt durch eine Erschütterung ausgelöst wird, welche ihrerseits durch den im Hinterkörper

ablaufenden Reflex hervorgerufen wird. Schließlich könnte auch der Fall eintreten, daß durch den applizierten Reiz ein Rückenmarksreflex erfolgt, dieser in den Endapparaten des bewegten Gliedes neue Reize auslöst, welche nun erst die Reaktion im Vordertier verursachen (z. T. nach Schiff[297]).

Auch von diesen Gesichtspunkten aus leuchtet der Vorzug der Dressurreaktionen ein; denn bei ihnen besteht eine feste Verbindung zwischen einem Reiz und einer Antwortsbewegung, deren Komplikation über die Mitbeteiligung der höchsten Hirnteile keinen Zweifel läßt. Gerade die Kompliziertheit der angelernten Antwort oder doch wenigstens der neuen Verknüpfung einer Gewohnheitshandlung mit einem bestimmten Reiz scheidet auch jede Möglichkeit für die erwähnten Täuschungen aus. Die Zukunft wird zeigen, ob es möglich sein wird, das Prinzip der Dressur als Untersuchungsmethode am Zentralnervensystem noch weiter auszudehnen, ob sich z. B. Methoden, die in neuerer Zeit mit Erfolg zur Untersuchung des Farbensinns normaler Tiere angewandt wurden (Nagel[238])*), mit operativen Eingriffen am Zentralnervensystem kombinieren lassen.

Im Anschluß an die Dressuren sei noch auf die Arbeit von Nicolai[243]) verwiesen, welcher nach Vorgang der Untersuchungen der Pawlowschen Schule[257]) den am Hunde bei den verschiedensten Einwirkungen auftretenden Speichelfluß der Untersuchung zu Grunde legt.

b) Untersuchung der Extremitätenreflexe und der Bewegungen.

Die typischen Sehnen-, Periost- und Hautreflexe werden nach bekannten Regeln untersucht. Ein Gehilfe hält das Tier, bei abgelenkter Aufmerksamkeit, mit freihängenden Extremitäten; den Kopf läßt man in der Hand halten, worauf die Tiere meist die Augen schließen und sich ganz ruhig verhalten. Für unzugängliche Affen (z. B. Meerkatzen) dürfte leichte Äthernarkose gelegentlich zweckmäßig sein; doch lassen auch sie sich untersuchen, wenn man erst einmal den Kopf gefaßt hat, um sich vor den Bissen der Tiere zu schützen. Auf die einzelnen zu erhaltenden Reflexe kann hier nicht in Vollständigkeit eingegangen werden; sie sind zum Teil aus der klinischen Untersuchung des Menschen bekannt.

Für die hintere Extremität des Hundes sind einige Reflexe von Bikeles und Gizelt[35]) zusammengestellt. Hinzugefügt sei noch die Beugung der Zehen und des Fußes, die eintritt, wenn man die Haare des Zehenrückens gegen den Strich berührt. (Näher untersucht von Rothmann[281])). Weitere am Hund nach Rückenmarksdurchschneidung zu beobachtende Reflexe findet man in der Arbeit von Sherrington und Laslett[315]) zusammengestellt.

Die graphische Registrierung von Reflexen wird nach bekannten Regeln (vgl. die entsprechenden Abschnitte des Handbuchs) vorgenommen, am einfachsten mit Mareyschen Kapseln. Eine Vorrichtung zur rhythmischen Auslösung des Patellarreflexes gibt Scheven[296]) an.

Werden die zu untersuchenden Reflexe, besonders bei gleichzeitiger Registrierung, durch elektrische Reize ausgelöst, so können zweckmäßig nach Goltz[107]) eingestochene Nadelelektroden verwendet werden, die man mit

*) vgl. ferner Samojloff und Pheophilaktowa. Zentralbl. f. Physiol. **21**, 1907, 133.

dünnen Zuleitungsdrähten verbindet. In dieser Weise bleibt die Reizstelle trotz Bewegungen des gereizten Gliedes unverändert.

Die Untersuchung von Bewegungsstörungen kann hier nur kurz gestreift werden. Zu ihrer Beurteilung ist zunächst die Beobachtung des sich bewegenden Tieres maßgebend, wobei die z. B. bei Katzen nach größeren Operationen häufige Bewegungsunlust störend sein kann. Simpson[316, 317]) empfiehlt, zur Untersuchung auf motorische Störungen das Tier plötzlich mit allen Vieren auf den Boden fallen zu lassen, wobei das normale Tier die Zehen spreizt. Die Bewegung fehlt an der gelähmten Extremität. Den Affen kann man zur Untersuchung der Beine aufheben und leicht gegen eine Wand hin schwingen; das normale Bein wird extendiert. Die motorische Kraft ist beim Affen an Greifbewegungen, z. B. nach dem Finger, leicht zu prüfen (Simpson). Hinsichtlich der genaueren Untersuchung von Bewegungsstörungen sei auf die Methode Lucianis[206]) hingewiesen, Gangspuren aufzunehmen. Die vier Pfoten des Hundes werden in vier mit verschieden gefärbtem Wasser gefüllte Gläser getaucht und das Tier auf glattem Fußboden gehen gelassen. Ähnlich kann man bei der Taube verfahren, welche man am besten über berußtes Fließpapier laufen läßt.[346]) Daß die photographische Momentaufnahme sowie die kinematographische Reihenaufnahme von Bewegungsstörungen und sonstigen motorischen Äußerungen häufig ein unentbehrliches Hilfsmittel ist, sei noch erwähnt.

Die Bewegungen, die bei Reizung von Zentralteilen, besonders der Hirnrinde auftreten, werden in der Regel ohne Registriervorrichtungen beobachtet. Hering und Sherrington[133]) bringen Affen in horizontale Suspension, so daß die Extremitäten frei nach unten hängen. Die graphische Registrierung der Kontraktionen nahmen z. B. Bubnoff und Heidenhain[54]), Exner[84]), Horsley und Schäfer[144]) vor.

c) Untersuchung der Hirntemperatur und der Aktionsströme.

Zur Funktionsprüfung im weiteren Sinne kann auch die Temperaturmessung der Hirnsubstanz gerechnet werden, weshalb dieser noch einige Worte gewidmet seien. Mosso[221, 222]) bediente sich kleiner Quecksilberthermometer*) mit sehr feiner Teilung. Die Methode thermoelektrischer Temperaturmessung benutzte Schiff[298]), welcher die Temperatur zweier Rindenstellen bei peripheren Reizungen untersuchte. Nach Heidenhain[125]) ist es allein einwandfrei, einen Vergleich der Temperatur des dem Gehirn zuströmenden arteriellen Blutes mit der Temperatur des Organes selbst vorzunehmen. Auf eine durch Stoffwechselprozesse des Gehirns bedingte Temperaturzunahme kann mit Sicherheit nur dann geschlossen werden, wenn die Temperatur des Gehirns diejenige des zuströmenden Blutes übersteigt.

Zu den Methoden, die sich etwas von dem gewöhnlichen Begriff der Funktionsprüfung entfernen, gehört weiterhin die Untersuchung der Aktionsströme, soweit diese als ein Anzeichen und Maß für die Tätigkeit

*) H. Berger, dessen Untersuchungen über die Temperatur des Gehirns (Jena 1910) nicht mehr berücksichtigt werden konnten, verwendete sehr dünne Thermometer von der präzisionstechnischen Anstalt in Ilmenau.

des Zentralnervensystems benutzt wird. Für gewöhnlich kann ja vorwiegend nur an irgend welchen Muskelbewegungen festgestellt werden, ob ein untersuchter Teil des Nervensystems an einem Erregungsprozeß beteiligt war; die Untersuchung der Aktionsströme kann hierin nicht nur ergänzend eintreten, sondern es lassen sich mit ihrer Hilfe auch Fragen in Angriff nehmen, die ohne sie wohl kaum lösbar sein werden. Besonders läßt sich, wenigstens im Prinzip, an jeder Stelle der Leitungswege das Vorhandensein einer Erregung feststellen, vielleicht sogar einer Erregung von so geringer Stärke, daß sie überhaupt nicht zu Muskelbewegungen führen, sondern nur in den Zustand eines entfernteren Teiles des Nervensystems verändernd eingreifen würde.

Die Untersuchung der Aktionsströme ist als Methode der Funktionsprüfung am Zentralnervensystem besonders von Beck[17]), Beck und Cybulski[18]) sowie Gotch und Horsley[113]) eingeführt und verwendet worden. Es ist hier nicht der Ort, eine ausführlichere Darstellung der elektrophysiologischen Methodik zu geben, sondern es kann auf den umfassenden Abschnitt von Garten in diesem Handbuch verwiesen werden. Im folgenden sollen nur einige Angaben der genannten Autoren hervorgehoben werden, die für die spezielle Anwendung der Methode am Gehirn und Rückenmark von Wichtigkeit sind. Beck macht in den mir zugänglichen deutsch geschriebenen Arbeiten nur kurze methodische Angaben. Besonders erwähnenswert ist die Verwendung zweier Galvanometer gleicher Empfindlichkeit, wodurch sich an der Hirnrinde leicht der Ort der Potentialverminderung bei peripherer Reizung ermitteln läßt. Beide Galvanometer sind durch getrennte Elektroden mit den gleichen Hirnstellen verbunden; hierbei sind die auftretenden elektrischen Veränderungen von gleichem Einfluß auf beide Galvanometer. Wurde nun an der Stelle, an welcher die Verminderung des Potentials vermutet wurde, eine Elektrode um 2—3 mm verschoben, so blieb, wenn die Vermutung zutraf, die Veränderung im entsprechenden Galvanometer aus, oder war geschwächt, während sie im anderen Galvanometer unverändert blieb. Von den Angaben von Gotch und Horsley sind hier zunächst nur die allgemeinen zu berücksichtigen; die an den einzelnen Gegenden des Zentralnervensystems im besonderen notwendigen Maßnahmen sind den späteren Kapiteln zu entnehmen. Zur Narkose, die bei den vorbereitenden Operationen, Freilegungen, Durchschneidungen tief zu nehmen ist, findet am besten Äther Verwendung, weil sich damit die Narkosentiefe leicht abstufen läßt. Die Aktionsströme wurden entweder mit einem Kapillarelektrometer, welches noch auf 1:10000 Daniell reagierte und mit 300 facher Vergrößerung abgelesen wurde, oder mit einem Elliott-Thomsonschen Galvanometer mit 20364 Ohm Widerstand untersucht. Bei einer Stromdauer von 0,001 Sekunde gab ein Strom von 0,01 Daniell einen Ausschlag von 5 Skalenteilen. Die unpolarisierbaren Elektroden entsprachen dem Typus der Fadenelektroden. Die Fäden (Lampendocht) waren mit Kaolinpaste (Bolus alba) getränkt und wurden am Rückenmark um die zu untersuchenden Teile gewickelt. Die durch Eintrocknen der Fäden möglichen Widerstandsänderungen konnten bei dem hohen Widerstand des Ableitungskreises vernachlässigt werden. Gegen die bei elektrischen Reizungen möglichen Stromschleifen war, abgesehen von der Aufhängung des freigelegten Rückenmarks, der einfachste Schutz der, die Narkose zu vertiefen und bei gleichbleibender Art und Stärke der Reizung zu sehen, ob der Galvanometerausschlag sich verminderte oder gleich blieb.

Über die Anwendung des Saitengalvanometers sind am Zentralnervensystem bis jetzt keine Erfahrungen bekannt geworden, wenn man von den Bestimmungen des Rhythmus willkürlicher Muskelkontraktionen absieht, die ja allerdings in gewisser Weise auch hierher gehören und deshalb kurz erwähnt sein mögen (Piper[259])).

Im Anschluß an die galvanometrische Methode bedarf hier noch eine in neuerer Zeit vorwiegend am Menschen studierte Erscheinung einer kurzen Erwähnung, nämlich das sogenannte „psychogalvanische Reflexphänomen“ (Veraguth[357])). Wird die Versuchsperson oder ein Tier in

der noch anzugebenden Weise in einen aus einer Stromquelle von etwa $2^1/_2$ Volt und einem Galvanometer bestehenden Stromkreis eingeschaltet, so treten bei den verschiedensten Einwirkungen auf Sinnesapparate Schwankungen des Galvanometerausschlages ein.

Die Einschaltung des Körpers geschieht durch in den Händen gehaltene Metallelektroden, oder in Tierversuchen durch Einstellen der Pfoten in warme Kochsalzlösung, welche den Strom zuleitet. Auf die Theorie dieser Stromschwankungen, an deren Eintritt besonders die relativ lange Latenz merkwürdig ist, kann hier nicht eingegangen werden. Inwiefern durch diese Untersuchungen, die an Tieren bis jetzt nur gelegentlich ausgeführt wurden, die übrigen an Tieren zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden wirklich ergänzt werden, kann erst die Zukunft lehren.

C. Methodik der Ausschaltung von Zentralteilen.

I. Allgemeine Bemerkungen zur Ausschaltungsmethodik.

Zur Ausschaltung von Zentralteilen stehen die verschiedensten Verfahren zur Verfügung. Bei der Beurteilung ihres Wertes kommt es vor allem auf die besonderen Zwecke des Versuches an. Man kann die Methoden nach dem Gesichtspunkt voneinander trennen, ob die Ausschaltung eine dauernde oder vorübergehende ist und ob lediglich eine Ausschaltung oder gleichzeitig Reizzustände mit der Methode erzielt werden, ob also eine reizlose Ausschaltung vorliegt oder nicht. Es ist hier nicht der Ort näher die Gründe auseinander zu setzen, welche den Umstand als einen wesentlichen Mangel unserer Methodik erscheinen lassen, daß wir noch keine Methode zur vollkommen reizlosen und dazu nur vorübergehenden, das heißt nach Wunsch des Experimentators zeitlich begrenzten Ausschaltung von Teilen des Zentralnervensystems, besitzen. Diese würde dadurch charakterisiert werden können, daß der Tätigkeitszustand des betreffenden Teiles langsam vermindert und aufgehoben wird, ohne daß auch nur vorübergehend eine Erhöhung eintritt.

Ausgehend von den Erfahrungen, die man an den peripheren Nerven der Warmblüter, besonders am N. vagus, über reizlose und vorübergehende Ausschaltung durch Abkühlung gemacht hat, habe ich mich schon seit längerem mit dem Gedanken beschäftigt, durch systematische Anwendung von Abkühlung von Zentralteilen eine solche reizlose vorübergehende Ausschaltung zu erzielen; die Versuchsreihe, die ich zur Verwirklichung dieses Planes begonnen habe, hat zwar schon brauchbare Ergebnisse gebracht, ist aber noch nicht weit genug fortgeschritten, als daß ich hier im einzelnen über die Aussichten dieser Methode Angaben machen möchte. Ich werde darauf in kurzem an andrer Stelle zurückkommen und möchte hier nur noch erwähnen, daß ich die Möglichkeit verfolge, auf zweierlei Wege die Ausschaltung zu erzielen, durch die Abkühlung oberflächlich gelegener Teile und durch indirekte Abkühlung von der Blutbahn aus.*)

*) Bisher liegen nur ganz gelegentliche Angaben über Abkühlungswirkung an Zentralteilen bei Stefani[335]) und Deganello[67]) vor, die jedoch von ganz anderen speziellen Fragestellungen ausgingen.

Im übrigen sollen hier vor der Beschreibung der besonderen, der Ausschaltung von Zentralteilen dienenden Methoden zunächst die allgemeinen Hilfsmittel besprochen werden, wobei die Anwendung im besonderen Falle nur soweit berücksichtigt wird, als die Erläuterung der Methoden es erfordert.

Die in Frage kommenden Methoden können in solche zur direkten und indirekten Ausschaltung unterschieden werden, je nachdem ob der Eingriff an dem auszuschaltenden Teil selbst erfolgt oder an den ernährenden Gefäßen.

II. Allgemeine Hilfsmittel.

a) Direkte Ausschaltung.

Für die direkte Ausschaltung kommt in erster Linie der Schnitt mit dem **Messer** in Betracht, besonders wenn es sich um Ausschaltung von Bahnen handelt, was am sichersten durch möglichst lineare Durchschneidung geschieht.

Ist auch dem Messer insofern unbedingt der Vorzug einzuräumen, als sich mit ihm Zug- und Druckwirkungen auf die Nachbarschaft am besten vermeiden lassen, so stehen doch darin Nachteile gegenüber, daß die glatt durchtrennten Gefäße sich nicht immer genügend schließen. Es wurden deshalb Instrumente verwendet, die eine stumpfere Verletzung setzen, also die Gefäße mehr durchreißen als durchschneiden; hierhin dürften nicht nur messerartige Holzstäbchen, sondern auch der scharfe Löffel zu rechnen sein. Auch sei in diesem Zusammenhang noch das von Goltz [108]) gebrauchte scherenartig wirkende Instrument erwähnt (Konstruktion von Ewald), bei welchem zwei Hohlmesser in entgegengesetzter Richtung durch eine Bohrmaschine gedreht werden. Selbstverständlich wird man bei Anwendung solcher Instrumente noch mehr auf der Hut sein müssen, ob wirklich die Ausschaltung die gewünschten Grenzen innehält.

Das Messer wird in der Regel aus freier Hand geführt. Es hat sich aber schon vor längerem gezeigt, daß hierbei in besonderen Fällen manches zu wünschen übrig bleibt. Es ist von vornherein zu betonen, daß die Bestrebungen, anstatt der freihändigen Messerführung eine Mechanik anzuwenden, nicht den Zweck haben, individuell fehlendes Handgeschick zu ersetzen, sondern Operationen zu ermöglichen, die auch im günstigsten Falle aus freier Hand überhaupt nicht oder jedenfalls nicht so exakt ausgeführt werden können. Es handelt sich hier z. B. um Schnitte, die genau in einer Ebene zu führen sind (Längsschnitte in den verschiedensten Teilen von Gehirn oder Mark); ferner aber vor allem um Ausschaltungen, welche in der Tiefe umfangreicher sein sollen, als an der Oberfläche, oder bei denen die oberflächlichen Teile nach Möglichkeit unverletzt bleiben sollen.

Von den Bemühungen, manche Mängel des freihändigen Operierens durch **mechanische Vorrichtungen** zu umgehen, sind in erster Linie diejenigen der Ludwigschen Schule zu nennen.*) Miescher [216]) benutzte bei partiellen Markdurchschneidungen ein fest in den Knochen gestecktes Schutz-

*) Nähere Ausführung in meiner Arbeit [348]).

messer, das die nicht zu durchschneidenden Teile vor Verletzung schützte. Nawrocki[239]) verwendete zu ähnlichen Zwecken zwei zu einem Doppelinstrument vereinigte Messer. War bei diesen Verfahren der Schutz der nicht zu verletzenden Teile beabsichtigt, so erstrebten weitere Einrichtungen die Sicherung einer in bestimmter Ebene liegenden Schnittführung. Dittmar[68]) und Cyon[64]) gaben Vorrichtungen an, bei denen das Messer durch ein oder mehrere Schlitze, die in einem Metallstück nebeneinander angebracht waren, geführt wurde, so daß quere Markdurchschneidungen in nahe aneinander gelegenen parallelen Ebenen ausgeführt werden konnten (Fig. 12). Eine weitere Ausbildung der Methode der Schutzmesserchen gibt die Arbeit von Woroschiloff[258]) (Fig. 13).

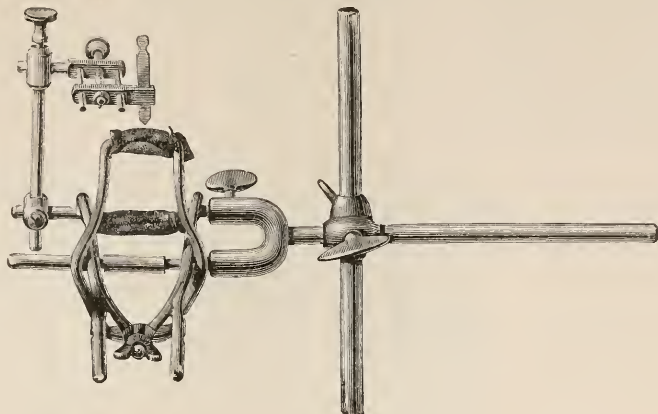


Fig. 12.
Vorrichtung von Dittmar für Markquerschnitte.

Ein von mir ([348]) angegebenes Instrument, das Myelotom, dient nicht nur dem Zweck, Schnitte auszuführen, die genau in einer Ebene liegen, sondern bei denen auch die Begrenzung in der Tiefe genau vorausbestimmt ist, und ferner die oberflächliche Schnittlänge kleiner sein kann, als seine maximale Ausdehnung in der Tiefe. Folgendes ist das zugrunde liegende Prinzip. Ein in einer Ebene liegender Schnitt kann dann nach allen Richtungen nach Wunsch genau begrenzt werden, wenn das Messer in jeder Richtung nur bis zur gewünschten Grenze vordringen kann. Dies läßt sich ohne jeden vorausgehenden Eingriff (wie das Einstechen der Schutzmesser) erreichen, wenn sich am Messerstil ein Stift befindet, der sich in einem in ein Blech geschnittenen Loch bewegt, dessen Grenzen genau den beabsichtigten Grenzen der Schnittläsion entsprechen. Es ist dabei nur noch notwendig, daß das Messer seine Richtung zwischen dem Schnittmuster, wie

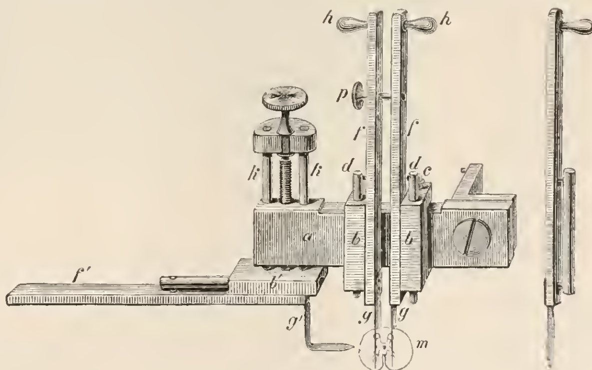


Fig. 13.
Methode der Schutzmesserchen nach Woroschiloff.

ich den Blechausschnitt nenne, und dem Durchschneidungsobjekt nicht ändern kann. Zu dem Zwecke muß eine Führung vorhanden sein, in der das Messer sich nur in Parallelverschiebung in einer Ebene bewegen kann. Das Instrument ist in Fig. 14 wiedergegeben.

Die Messerführung wird durch die beiden Projektionszeichnungen (Fig. 15 und 16) erläutert, von denen die erstere eine Ansicht von der Seite, die letztere von oben wiedergibt. Die Führung besteht im wesentlichen aus zwei miteinander verbundenen Parallelogrammen a b c d und c d e f, deren aus Metallteilen bestehende Seiten an den

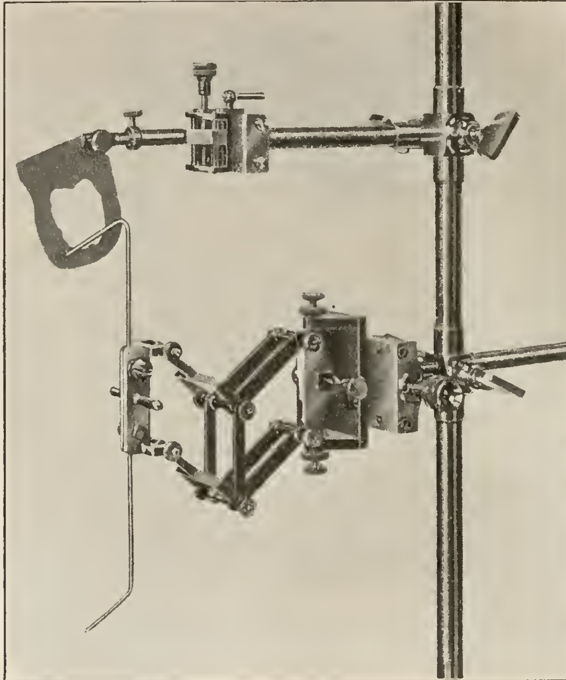


Fig. 14.

Myelotom von Trendelenburg (mit „abgebogenem" Messer und Schnittmuster des Hundekleinhirns). ($^1/_3$ natürl. Größe.)

Eckpunkten um Achsen beweglich sind, so daß der im Bild links befindliche Messerhalter H nur parallel mit sich verschoben werden kann. Um zu erreichen, daß der Messerhalter, und mit ihm auch das Messer, sich nur in einer Ebene, bei Fig. 15 derjenigen der Papierfläche, bewegen kann, ist folgende Einrichtung getroffen. Das hintere Parallelogramm c d e f besteht aus zwei identischen Teilen, die an den gleichen Achsen (c c′ und f f′ in Fig. 16) in einem Abstand von $1^1/_2$ cm angebracht sind. Vorn (im Bild links) besteht die obere und untere Seite (b c und a d) des Parallelogramms aus je einer Gabel (Fig. 16), die nach der Seite des Messerhalters wieder eine etwas längere Achse b b′ (und a a′) trägt. Hierdurch wird eine Abweichung aus der Ebene der Bewegung ganz unmöglich gemacht. Die Achsen laufen überall in Spitzen, so daß man das Messer mit Leichtigkeit in jeder Richtung der bestimmten Ebene führen kann. Das Messer wird in die Rinne R eingesetzt und mit Schrauben festgehalten. Die Stifte S S′ dienen als Handhabe bei der Benutzung des Instruments. Letzteres ist weiter um die Achse A A′ drehbar, damit man die Ebene des Schnittes genau nach dem Objekt

einrichten kann. Zwei Schrauben B und B′ halten den Apparat darauf in der gewünschten Stellung fest. Die Schraube C dient dazu, das ganze Instrument seitlich verschieben zu können, was wiederum für die genaue Einstellung des Messers in die gewünschte Schnittebene notwendig ist. Mittels des Stabes D wird der Apparat an ein senkrechtes Stativ befestigt, wie des näheren aus der Fig. 14 zu ersehen ist.

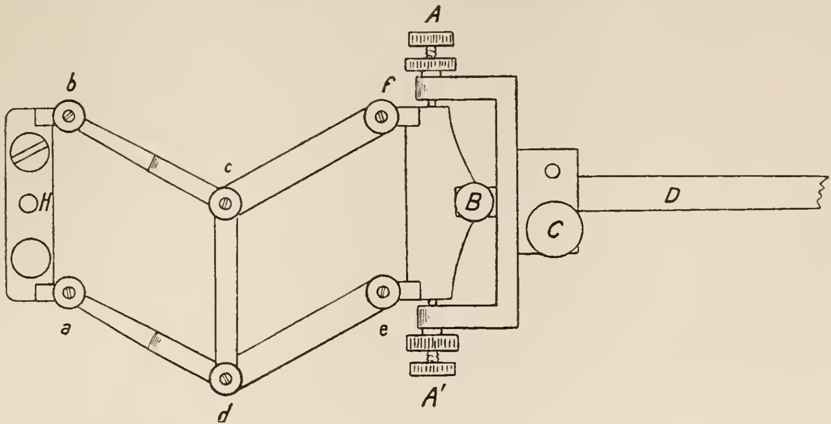


Fig. 15.
Myelotom, Projektionsansicht von der Seite.

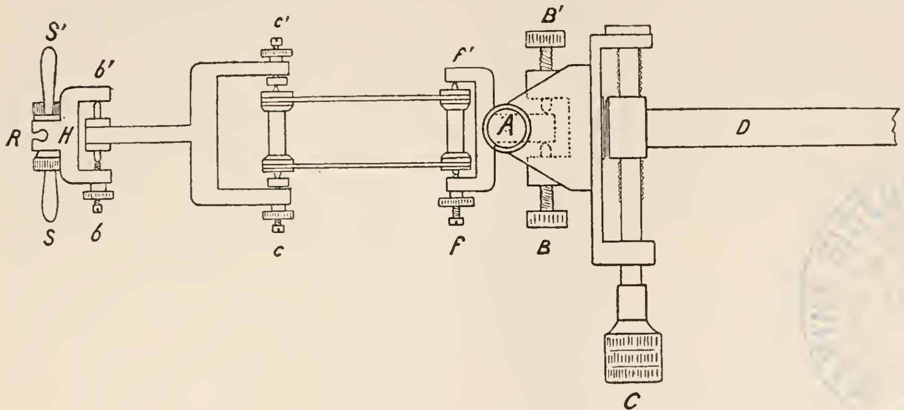


Fig. 16.

Dasselbe von oben gesehen. Während in der Seitenansicht der Apparat in einer Stellung wiedergegeben ist, in der der Halter *H* nach vorne noch ein Stück bewegt werden könnte, ist in der Ansicht von oben der Apparat in maximaler Streckung der Parallelogramme wiedergegeben, in der diese die Form von Rechtecken erhalten. Durch die Beugung der Teile in Fig. 15 ist der Vergleich der Fig. 15 mit der Fig. 14 erleichtert. Das Instrument ist in Figg. 15 und 16 in nicht ganz $^2/_3$ der natürlichen Größe wiedergegeben.

Das Schnittmuster wird nach einem Tiere von möglichst derselben Rasse und Alter (gleicher Wurf) hergestellt. Das Nähere ist früheren Veröffentlichungen zu entnehmen ([348, 349]). Hingegen sei noch einiges über die Form der Messer und die Methode der „Unterschneidung" angegeben. Die Messer werden aus Stahldraht hergestellt und haben eine möglichst dünne Schneide. Am einen Ende sitzt der Querstift, der dazu bestimmt ist, den Anschlag an den Rändern des Schnittmusters zu bilden.

Unten befindet sich an dem allmählich platter werdenden Stil die Messerschneide, die je nach dem besonderen Zweck der Operation verschieden gestaltet ist. Handelt es sich um einen keilförmigen Schnitt, so kann die Spitze des Messers gerade nach abwärts gerichtet sein. In allen Fällen aber, in denen die an der Oberfläche gelegene Schnittbegrenzung weniger lang ist, als der größte Schnittdurchmesser in der Tiefe (Unterschneidung), wird die Schneide des Messers in einem stumpfen Winkel von dem Stil abgebogen, worauf so weit unterschnitten werden kann, als der senkrechte Abstand der Messerspitze von dem Stil beträgt. Es muß dann auch das obere Ende des Stils entsprechend gebogen sein, damit der erwähnte, den Anschlag am Schnittmuster gebende Stift wieder senkrecht über der Messerspitze steht. Da sich das Messer am Halter so drehen lässt, daß die Spitze nach vorn oder hinten gerichtet ist, kann nach beiden Seiten die Unterschneidung den genannten Betrag aufweisen. Bei einer Operation ist unter Umständen auch das Wechseln der Messerform nötig, indem ein Teil des Schnitts mit der geraden, ein Teil mit der abgebogenen Messerform auszuführen ist. Es müssen deshalb die zugehörigen Messer genau die gleiche Länge zwischen Stift und Spitze haben. Abbildung 17 gibt einige der bisher benutzten Messerformen; es sei aber betont, daß besondere Zwecke auch besondere Formen nötig machen. Selbstverständlich kann der Apparat auch ohne Schnittmuster verwendet werden, wenn es nur darauf ankommt, daß der Schnitt eine bestimmte Ebene einhält. Schließlich gehört es zu den prinzipiellen Voraussetzungen der Methode, daß der Kopf (oder Rücken) des Versuchstieres eine zum Durchschneidungsapparat unveränderliche Lage einnimmt. Hierfür eignen sich die schon oben beschriebenen Vorrichtungen.



Fig. 17.
Einige Messerformen für das Myelotom.
$^2/_3$ der natürlichen Größe.

Eine weitere Gruppe von Instrumenten bezweckt, Verletzungen auszuführen, welche nach Möglichkeit gar nicht an die Oberfläche heranreichen. Das Verdienst der ersten Anwendung dieses Prinzips kommt Nothnagel[248]) zu. Seine Anordnung ist folgende. Aus dem freien Ende eines feinen Troikarts ragen zwei feine 4—5 mm lange Federn hervor, die pinzettenartig voneinander abstehen und vom Griff aus vermittels eines Übertragungsmechanismus geschlossen werden können. Das Instrument wird geschlossen eingeschoben, darauf die Federn voneinander entfernt, einige rotierende Bewegungen ausgeführt und das Instrument geschlossen wieder herausgezogen.

White[364]) benutzt eine Hohlnadel mit scharfer Spitze, in deren Nähe sich eine seitliche Öffnung befindet; durch diese kann ein feiner Draht etwa senkrecht zur Nadel herausgeschoben werden. Die Höhlung der Nadel erstreckt sich nur bis zur seitlichen Öffnung. Der Draht wird nach Einführen des Instruments etwas herausgeschoben und das Instrument herumgedreht. Eine ganz entsprechende Vorrichtung benutzt Probst[266]) in Form seiner „Hakenkanüle". In einer ca. 8 cm langen, sehr dünnen Kanüle ist ein Stahldraht verborgen, der beim Hervorschieben aus der Kanüle sich rechtwinklig abbiegt; durch Klemmen kann der Drahtstachel fixiert werden. Nach dem Herausschieben des Stachels wird auch hier mit dem Instrument eine kleine Drehung ausgeführt. Schüller[304]) wendete ein aus einem Troikart herausgeschobenes Drahtbündel an; und

schließlich hat Corona[60]) ein troikartähnliches Instrument angegeben, bei welchem man mittels eines am Griff angebrachten Knopfes zwei kleine Flügel an der Spitze austreten lassen kann; durch Drehen des Instrumentes wird wieder die Läsion bewirkt.

Eine weitere Methode zur direkten Ausschaltung ist das **Saugverfahren.** Es wurde von Lehmann[6]) angegeben, und von ihm gemeinsam mit Babinsky zuerst angewandt. Der Saugschlauch einer Wasserstrahlluftpumpe, wie sie in chemischen Laboratorien Verwendung findet, wird mit einem zu einer feinen Spitze ausgezogenen Glasrohr verbunden; bei hergestelltem Vakuum läßt sich die Gehirnmasse an ganz umschriebenen Stellen entfernen. Die Methode eignet sich nicht nur für sehr kleine oberflächliche Läsionen, sondern ist auch bei größeren Operationen mit Vorteil verwendbar, weil durch die Absaugung auch das Blut entfernt wird, und man sich somit gut über die Tiefe des Eingriffs orientieren kann. Ferner befördert die Säuberung der Operationsstelle die aseptische Heilung, worauf schon die genannten Autoren hinwiesen. Ein Nachteil der Methode dürfte darin liegen, daß bei diesem Eingriff, der ein Abreißen von Substanzteilen darstellt, die Tiefe der Ausschaltung nicht mit der Grenze der direkt entfernten Teile übereinzustimmen braucht. Hier muß die mikroskopische Untersuchung aufklärend zu Hilfe kommen. Das Saugverfahren wurde auch kombiniert mit der Schnittmethode oder der Auslöffelung verwendet, z. B. von Lewandowsky[197]).

Zerstörung durch **Hitze** wird mit einer durch den galvanischen Strom glühend gemachten Platinschlinge ausgeführt, oder nach Gad und Marinescu[103]) mit stecknadelkopfgroßen Glasperlen, die sich beim Erhitzen feiner Glasfäden in der Flamme am Ende des Fadens bilden; bei letzterer Methode liegt ein Vorteil darin, daß die Wärme sehr schnell abgegeben wird, und die Läsion somit ganz punktförmig ausfallen kann. Die Methode der Zerstörung durch Hitze eignet sich vorwiegend für ganz oberflächlich liegende Zerstörungen geringer Ausdehnung.

Sowohl oberflächliche als auch tiefere Läsionen sind durch verschiedene **Chemikalien** hervorgerufen worden, welche die Nervensubstanz entweder lokal abtöten oder nur vorübergehend ausschalten.

Erwähnenswert ist das Verfahren Nothnagels[245]), durch welches es gelang, reine Tiefenläsionen ohne Mitbeteiligung der Oberfläche zu erzielen. Auf Vorschlag Heidenhains verwendete er eine Pravaz-Spritze von der Dicke einer feinen Nähnadel und spritzte durch ein kleines in die Schädelkapsel angelegtes Loch einen minimalen Tropfen konzentrierter Chromsäure an der gewünschten Stelle in die Hirnsubstanz ein. Vergiftungserscheinungen hält Nothnagel bei der Abkapselung und der geringen Menge der Flüssigkeit für ausgeschlossen. Eher ist zu befürchten, daß die Symptome durch Reizerscheinungen getrübt sind, die allerdings in längerdauernden Versuchen abklingen würden. Daneben ist die Unmöglichkeit, die Läsionen ganz nach Wunsch zu begrenzen, die allerdings auch anderen Verfahren eigentümlich ist, der Grund dafür gewesen, daß die Methode in neuerer Zeit wenig verwendet wurde (v. Cyon[64]), Lo Monaco[218])). Jedenfalls ist sie durch das elektrolytische Verfahren überholt worden

Hier schließen sich die Versuche von Goldmann und Edinger[106]) an, in welchen Gehirnteile durch Aufpinseln von Chromsäure- und Formalinlösungen zerstört wurden.

Schließlich sei der lokalen Anwendung von Narkotika gedacht: Belmondo und Oddi[26]) kokainisierten die Hinterwurzeln zur Ausschaltung der in ihnen laufenden Erregungen bei Reizungen der Vorderwurzeln. Filehne und Biberfeld[90]) wendeten am Rückenmark Gazebäusche an, die in 0,5—1—10% Kokain getränkt und wieder gut ausgedrückt waren. Ist es auch in letzterem Falle fraglich, wie weit sich die Wirkung auf den direkt getroffenen Teil lokalisieren läßt, so können doch wegen des Vorübergehens

der Wirkung gelegentlich Vorteile aus der Anwendungsweise gezogen werden (z. B. bei Durchschneidungen, vgl. unter Narkose).

Dem Nothnagelschen Verfahren steht wiederum das neuerdings von Pi Suñer[260]) empfohlene nahe, bei welchem eine kokainhaltige Lösung injiziert wird. Um Diffusion des Giftes zu vermeiden, werden dickflüssige Lösungen verwendet. Um die Einwirkungsstelle bei der Autopsie auffinden zu können, wird der Lösung ein Farbstoff von ähnlichem Diffusionskoeffizienten wie das Kokain zugesetzt. Die Lösung besteht aus: Alkohol (96 %) 30 gr; Äther 30 gr; Schießbaumwolle 5 gr; Malachitgrün 0,25 gr; kurz vor der Injektion wird eine Lösung von 1:5 Kokain in Alkohol der vorigen Mischung zu gleichen Teilen zugesetzt. Wie weit hierin eine eigentliche Ausschaltungsmethode vorliegt, wie weit die stark reizenden Lösungsstoffe komplizierend wirken, wird sich ebenso wie die Leistungsfähigkeit der ganzen Methode erst nach näheren Mitteilungen beurteilen lassen.

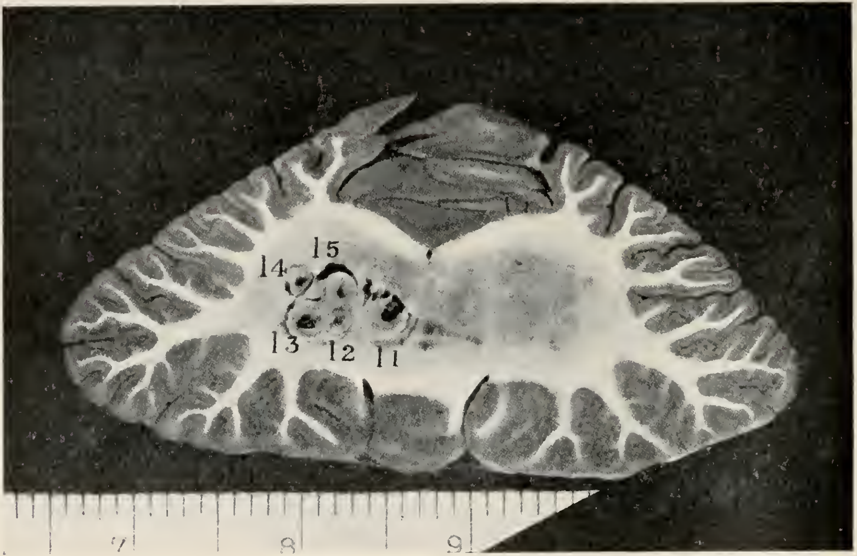


Fig. 18.

Fünf Anoden-Läsionen, 11—15, drei Wochen vor dem Tode zur Zerstörung des Nucl. dentatus, embolus, globosus und der äußeren Teile des Nucl. fastigii hergestellt. Die Verletzungen wurden nacheinander hergestellt. Die kleinen Teilstriche der Skala sind Millimeter. — Nach Horsley und Clarke.

Wiederum zum Zwecke der Herstellung von Tiefenläsionen, die gar nicht an die Oberfläche reichen, ist die **Elektrolyse** von Sellier und Verger[307]) empfohlen worden. Die verwendeten Nadelelektroden sind bis zur Spitze isoliert, die Stärke des verschieden lang einwirkenden Stroms beträgt etwa 10 Milliampère. Diese Methode dürfte die Mängel des Einspritzens der wirksamen Stoffe vermeiden, da es bei ihr möglich ist, die letzteren (nämlich die Produkte der Elektrolyse) auf einen begrenzten Ort zu beschränken.

Es ist deshalb sehr wertvoll, daß Horsley und Clarke[143]) das elektrolytische Verfahren, auf welches sie unabhängig von den erstgenannten Autoren gekommen waren, zu einem sehr hohen Grad von Vollkommenheit ausgebildet haben. Besonders mit der Anode konnten sie elektrolytische Hirnläsionen ohne nennenswerte Nebenwirkungen ausführen, und zwar unter

scharfer Abgrenzung zwischen normalem und nekrotisiertem Gewebe. Der Strom von 1—5 Milliampère wird unipolar zugeführt, die differente Elektrode (Anode) ist in Fig. 40 (S. 117) wiedergegeben. Sie besteht aus einer 10 cm langen feinsten Platin-Iridium-Nadel (20% Iridium), welche durch eine Glaskapillare isoliert ist.*) Innerhalb der angegebenen Stromstärken, deren Überschreitung zu widerraten ist, beträgt die Breite der Läsion für eine Minute Stromdauer und je ein Milliampère Stromstärke 1 Millimeter. Als Ursache der zerstörenden Wirkung des Stroms kommt unter anderem hauptsächlich die Gasbildung in Betracht, welche an der Anode schwächer und kontinuierlicher erfolgt, als an der Kathode. Die Läsionen wurden von den Autoren auf das genaueste mikroskopisch untersucht, doch kann hier auf diesen Teil der Ergebnisse nicht eingegangen werden; Fig. 18 stellt einige Kleinhirnkernverletzungen nach Horsley und Clarke dar. (Betreffs der mechanischen Nadelführung vgl. S. 111.)

b) Indirekte Ausschaltung.

Die indirekte Ausschaltung auf dem Gefäßwege kann in erster Linie durch Unterbindung oder Embolie erfolgen.

Damit die spätere Darstellung der speziellen Methoden an Übersicht gewinnt, seien hier schon die wichtigsten Fragen der Blutversorgung besprochen**) und zunächst die Verhältnisse am Rückenmark geschildert. Hier kommt zur Ausschaltung besonders der grauen Substanz des Lumbalmarks der Stensonsche Versuch der Aortenkompression, die unterhalb der Nierenarterien auszuführen ist, in Betracht (Ehrlich und Brieger[76]). Dieser Versuch führt aber nur beim Kaninchen zu positivem Erfolg, da nur bei diesem die einzelnen Arteriengebiete genügend getrennt sind. Über die Blutversorgung des Rückenmarks (Hoche[138]) sei hervorgehoben, daß beim Hunde, ebenso wie beim Menschen die einzelnen Abschnitte anastomotisch derartig verbunden sind, daß vom Lendenmark aus das ganze Rückenmark injiziert werden kann, während beim Kaninchen nur lokale Gefäßfüllungen zu erzielen sind. Dementsprechend konnten Münzer und Wiener[228]) durch 1-stündige Aortenabklemmung unter dem Abgang der Nierenarterien beim Hunde, Hering[132]) durch $^3/_4$-stündige Abklemmung beim Affen keine Funktionsstörungen erhalten. Während also beim Kaninchen die Absperrung der aus dem gleichen Niveau stammenden Blutversorgung zur Zerstörung des Lendenmarkgraus ausreicht, wird letztere beim Hunde und Affen durch den Blutzufluß aus den oberen Teilen, auf dem Wege der Längsarterien, verhindert. Diesen Schwierigkeiten entgeht die Emboliemethode, bei welcher die feineren Gefäße einer bestimmten Region künstlich verstopft werden, so daß zu den abgesperrten Rückenmarkspartien auch bei Vorhandensein von anderen Zuflußwegen kein Blut mehr gelangen kann.

Das Gehirn wird bekanntlich von 4 Arterien aus versorgt, den beiden inneren Karotiden und den beiden Vertebralarterien, welche aus der Subclavia

*) Anfertigung der Nadeln durch Mr. Rittershaus, Huntley Street, Tottenham Court Road, London.

**) Betreffs der makroskopischen Verhältnisse sei auf die Arbeit von Hofmann[140]) verwiesen, welcher die Fig. 19 entnommen wurde, sowie Marckwald[209]). Die mikroskopische Anatomie der Rückenmarkgefäße wurde vergleichend von Hoche[138]) behandelt.

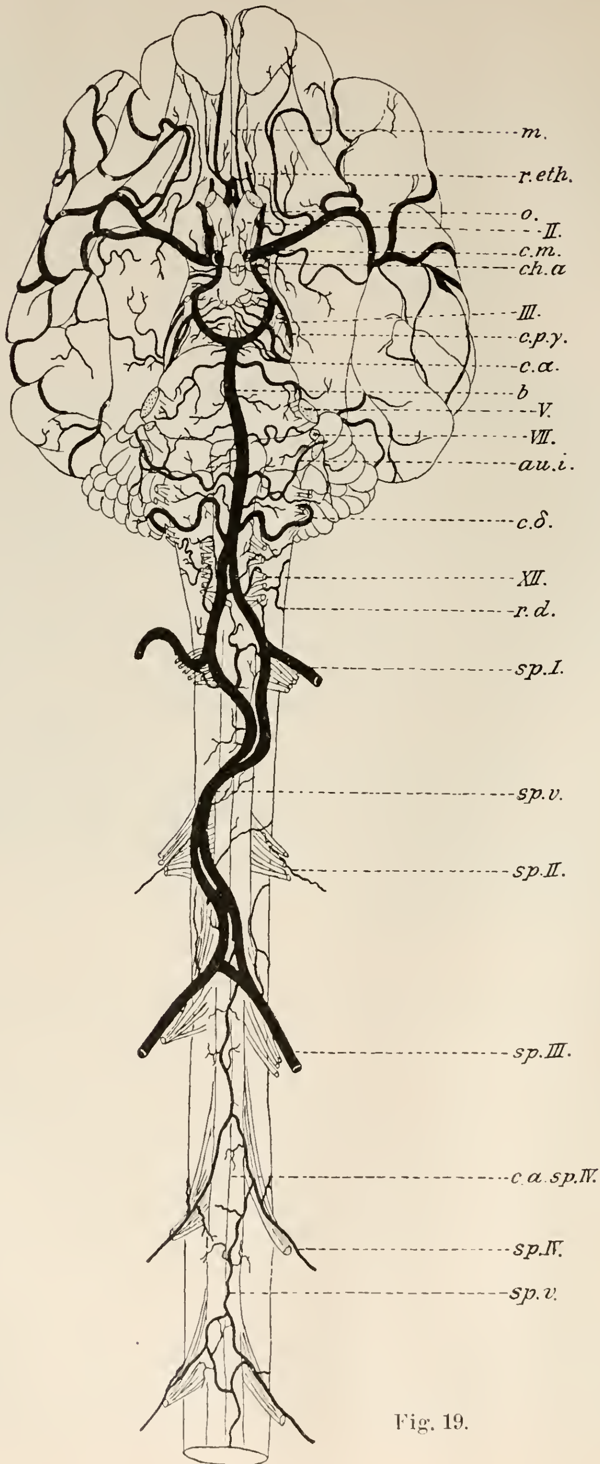

m.
r. eth.
o.
II.
c. m.
ch. a
III.
c. p. γ.
c. α.
b
V.
VII.
au. i.
c. δ.
XII.
r. d.
sp. I.
sp. v.
sp. II.
sp. III.
c. a. sp. IV.
sp. IV.
sp. v.

Fig. 19.

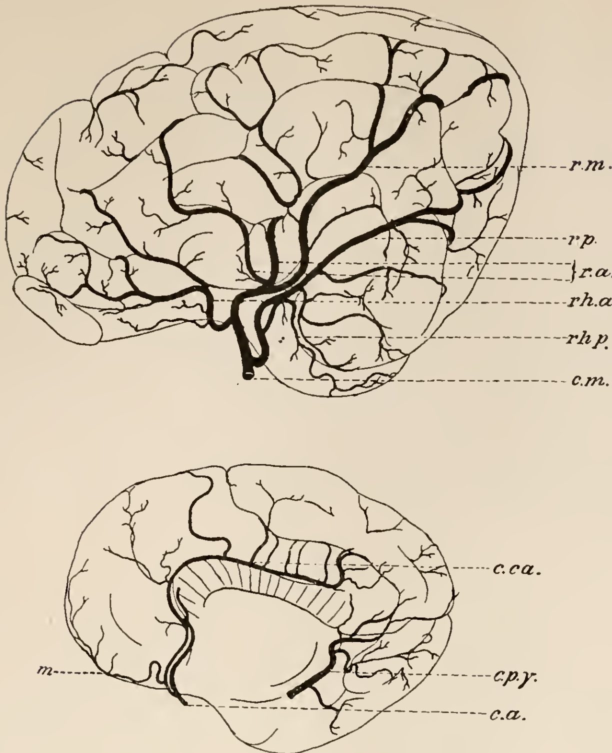


Fig. 19.

Arterien des Hundegehirns nach M. Hofmann.

Zeichenerklärung.

au. i.	= Arteria auditiva interna,
b	= A. basilaris,
c. α, β, γ, δ	= A. cerebelli α, β, γ, δ,
c. a.	= A. cerebri anterior,
c. a. sp.	= circulus arteriosus spinalis,
c. ca.	= A. corporis callosi,
ch. a.	= A. chorioidea anterior,
c. m.	= A. cerebri media,
c. p. α, β, γ, δ	= A. cerebri posterior α, β, γ, δ,
m.	= A. marginalis,
o.	= A. ophthalmica,
r. a, m, p	= Ramus anterior, medius, posterior,
r. eth.	= Ramus ethmoidalis,
rh. a.	= A. rhinalis anterior,
rh. p.	= A. rhinalis posterior,
sp.	= A. nervi spinalis,
sp. z.	= Tractus spinalis ventralis,
II bis *XII*	= die entsprechenden Hirnnerven.

abgehen; diese geht links unmittelbar aus dem Aortenbogen hervor, während sie rechts mit der rechten (oder auch beiden) Karotiden aus der A. anonyma entsteht. Hiermit sind aber noch nicht alle Zuflußwege zum Gehirn, wenigstens nicht für alle Tiere, angegeben. Durch die Untersuchungen von Hill[136]) (vgl. auch Wood und Carter[365])) ist nachgewiesen, daß man bei Hunden alle vier

Hirnarterien in einer Sitzung unterbinden kann, ohne daß notwendig der Tod eintritt, ja es traten sogar nur recht geringe Störungen auf*). Bei der Sektion zeigten sich die oberen Interkostaläste, welche in die vordere Spinalarterie münden, und auf diesem Wege mit dem Gefäßsystem des Gehirns in Verbindung stehen (vgl. Fig. 19), zur Größe von Vertebralarterien dilatiert. Katzen hingegen vertrugen in Hills Versuchen nur die Unterbindung beider Karotiden und einer Vertebralis. Bei Affen konnten gewöhnlich beide Karotiden ohne Auftreten von Störungen unterbunden werden; die weitere Unterbindung einer Vertebralis ist erst nach einigen Tagen Zwischenraum möglich, wird aber nicht immer vertragen. (Bei der Ausführung der Versuche wurde erst eine Karotis und Vertebralis, dann nach einigen Tagen die andere Karotis unterbunden). Unterbindung beider Karotiden bewirkt beim Affen eine dem Auge sehr bemerkliche Anämie der Hirnrinde; die Erregbarkeit war in einem derartigen Fall sogar erloschen, in anderen erhalten**). Es geht hieraus hervor, daß der Kussmaul-Tennersche Versuch nur bei manchen Tierarten zur Ausschaltung der höheren Hirnteile führt.

Diese Bemerkungen mögen zur allgemeinen Übersicht genügen, die spezielle Technik ist im nächsten Abschnitt zu erörtern.

III. Besondere Technik.

a) Zentralnervensystem der Vögel.

1. Ausschaltung des ganzen Gehirns bis zum Halsmark.

Für Untersuchungen über die Reflexfunktionen des Rückenmarks ist die von Tarchanoff[342]) an der Ente ausgeführte Methode wichtig, bei welcher unter künstlicher Atmung das Halsmark in der Höhe des 3.—4. Halswirbels durchschnitten und nach Anlegen einer Ligatur um den Hals, welche Verblutung verhütet, dieser völlig abgetrennt wird.

2. Rückenmarkswurzeln.

Zur Durchschneidung der **Hinterwurzeln** (vgl. [346. 347]) ist die Technik eine recht verschiedene, je nach der Gegend, in welcher operiert wird. Die Wurzeln werden in der Regel durchgehend numeriert: zum Flügelgebiet gehören die Wurzeln 11, 12, 13, 14, 15; zum Beingebiet die Wurzeln 21, 22, 23, 24, 25, 26. Da die anatomischen Verhältnisse in wichtigen Punkten von denen bei den Säugern ganz abweichen, müssen sie hier kurz berührt werden; Genaueres findet man in meiner früheren Darstellung ([346. 347]), welche hier überhaupt nur auszugsweise wiedergegeben werden kann. Die Strecke der Wurzeln zwischen der Eintrittstelle in den Wirbelkanal und derjenigen in das Mark ist überall sehr kurz, auch im Lendenmark liegen sich diese Stellen unmittelbar gegenüber. Eine weitere Raumbeengung kommt für die Operation dadurch zustande, daß das Rückenmark gerade in der Gegend der Zervikalanschwellung den Wirbelkanal fast völlig ausfüllt, und im Lendenteil sogar fest vom Knochen umschlossen ist.

---

*) Über allerdings vorhandene histologische Veränderungen vgl. Mott und Hill[226]).

**) Über die Erregbarkeit der anämisierten Hirnrinde vergleiche man im übrigen Minkowski[217]), Hering[130]), Hill[136]).

Durchschneidung in der Armregion. Der Zugang zu den zu Schulter und Arm gehörigen Wurzeln ist durch die Gefäße der Rückenmarkshäute weiter erschwert. Vor allem kommen die dorsalen Venenzüge in Betracht, welche gerade die Wurzeln bedecken oder zum Teil dicht neben ihnen laufen. Die zarte gefäßhaltige Haut ist durch Bindegewebsstränge mit den Wirbelbögen verbunden, weshalb bei deren Entfernung große Vorsicht nötig ist.

Die Operation gestaltet sich folgendermaßen:

Medianer Hautschnitt beiderseits vom 13. Halswirbel, dessen Dornfortsatz durchfühlbar ist. Ablösung der Muskulatur vom 1.—15. Wirbel (oder mehr, je nach der Zahl der zu durchschneidenden Wurzeln) weit nach der Seite hin. Das Messer schneidet dicht am Knochen und an den zwischen den Wirbelbögen ausgespannten Membranen, die nicht verletzt werden dürfen. Die Muskulatur wird durch Gewichtshäkchen zur Seite gezogen. Nunmehr wird die Operation unter der Lupe weitergeführt. Entfernung der Wirbelbögen mit feiner Knochenzange. Ehe der Arm der Knochenzange zwischen Rückenmark und Wirbelbogen eingeschoben wird, müssen mit einer feinen Sonde die erwähnten Bindegewebsfäden so durchrissen werden, daß die Gefäßhaut intakt bleibt. Ein stärkeres Bindegewebsseptum, das sich etwa über der 11. Wurzel befindet, erfordert besondere Vorsicht. Die Gefäßhaut muß bei der Freilegung überall unverletzt bleiben. Sollte ein Einreißen passiert sein, so ist ein sehr kleiner Wattebausch aufzulegen und vorerst an anderer Stelle weiter vorzugehen. Der Knochen ist sehr weit seitlich zu entfernen; ist nur eine einseitige Durchschneidung beabsichtigt, so braucht er überhaupt nur bis zur Mittellinie entfernt zu werden, wodurch das Rückenmark vor Narbenkompression geschützt wird. Die Durchschneidungen beginnen erst, wenn alle Wurzeln freigelegt sind. Die größeren Wurzeln (12, 13, 14) werden „einhändig" durchschnitten, mit einem gebogenen, auf der konkaven Seite scharfen, vorn geknöpften Messerchen. Die Narkose ist so stark zu vertiefen, daß das Tier reaktionslos bleibt. Zerrungen sind zu vermeiden, das Messer ist mehrmals hin- und herzuziehen, ohne daß das Rückenmark an der Wurzel gehoben wird. Die anderen Wurzeln sind am besten „zweihändig" zu durchschneiden, d. h. die eine Hand führt unter sie eine feine Sonde, die andere führt gegen diese ein feines Messer. Unter der Lupe gelingt es, die Begleitvenen etwas von den Wurzeln loszulösen und diese ohne Verletzung der Venen zu durchschneiden, wodurch für die Orientierung über den Erfolg viel gewonnen ist. Zur Vorsicht kann man (allerdings nur bei einseitiger Operation) die Vene durch etwas in der Mitte unter den Knochen geschobene Watte vor dem Schneiden komprimieren. Bei der Muskelnaht ist sehr darauf zu achten, daß die Muskulatur nicht zu fest über dem Mark zusammengezogen wird; lieber läßt man an einer Stelle eine Lücke. Vor der Hautnaht wird am besten die Flügelbefestigung etwas gelockert.

Durchschneidung in der Beinregion. Wie aus den schon gemachten Angaben hervorgeht, fehlt dem Lendenmark die Cauda equina. Eine zweite Eigentümlichkeit ist das Auseinanderweichen der Hinterstränge zu einer rautenförmigen Bildung, in welcher ein den Zentralkanal enthaltender gallertiger Pfropf liegt. Dieser „Lumbalwulst" nimmt etwa die Mitte des Beingebiets ein. Die Hinterwurzeln erreichen das Rückenmark an einer scharfen Kante, welche die Hinterstränge dorsolateral bilden. An Gefäßen kommen die dorsalen Wurzelarterien in Betracht (Sterzi [339])), sie liegen meist in unmittelbarer Nähe der Wurzeln, müssen aber bei der Operation geschont werden, was nur unter der Lupe gelingt.*) An der knöchernen dorsalen Wand des Kanals, der vom Lumbalmark ausgefüllt wird, kann man zwei Lamellen unterscheiden, eine äußere und eine innere, welch letztere nur über

*) In diesem Punkte habe ich mein ursprüngliches Verfahren verbessert. Vgl. [347]).

dem Lendenwulst der äußeren sehr nahe liegt, sonst einigen Abstand von ihr hält.

Die Operationsmethode ist folgende:

Medianer Hautschnitt vor und hinter der Verbindungslinie der gut durchfühlbaren Trochanteren. Haut und Periost werden nach Abtrennen durch Gewichtshaken zur Seite gezogen. Ein vorn zwischen Dornfortsätzen und Darmbein liegendes Muskelpaar wird exzidiert; Wattetamponade gegen etwa auftretende Blutung. Entfernung der äußeren Lamelle des Knochens, bis die von der inneren Lamelle noch überdeckten Wurzeln sichtbar werden. Entfernung der Querlamellen zwischen den Wurzelpaaren. Nach Forttupfen des heraussickernden Blutes wird die innere Knochenbedeckung mit einer feinen, aber starken Pinzette oder dgl. abgehoben; es ist zu vermeiden, daß Knochensplitter sich seitlich zwischen Knochenwand und Mark schieben, wodurch es zu Verletzungen kommen kann. Die Wurzelfäden durchschneide ich jetzt „zweihändig“ und zwar die einzelnen Fäden für sich, wenn es wegen der Gefäße nötig ist. Da Ruhighalten des Tieres absolut erforderlich ist, kann man zur Allgemeinnarkose noch örtliche Anwendung von Kokain hinzunehmen. Sind die Gefäße geschont worden, so bleibt das Operationsgebiet nach den Durchschneidungen völlig klar und es kann sofort die Hautnaht vorgenommen werden. Zu erwähnen ist noch, daß bei einseitiger Operation der Knochen besonders in der Mitte des Lumbalwulstes nur auf der einen Seite entfernt wird.

Durchschneidungen von **Vorderwurzeln** sind isoliert meines Wissens nicht ausgeführt worden. In der Beinregion dürfte die Operation ohne Verletzung anderer Teile schwierig sein. An den übrigen Stellen, besonders an der Armregion, könnte man versuchen, zwischen die in der beschriebenen Weise freigelegten Wurzeln ein gekrümmtes Messer einzuschieben, das im Gegensatz zu dem bei den Hinterwurzeln verwendeten auf der konvexen Seite geschärft ist; man würde gegen die vordere und seitliche Wand des Knochenkanals zu schneiden haben.

3. Markdurchschneidungen.

Quere Durchschneidungen sind im ganzen leicht auszuführen, besonders totale Querschnitte. Das Mark wird in der für die Wurzeloperationen beschriebenen Weise freigelegt (eine Öffnung von wenigen Millimetern Länge genügt). Die dorsale in Längsrichtung auf dem Mark (Hals- und Dorsalteil) verlaufende Vene wird am besten vor der Durchschneidung in der Weise komprimiert, daß kleine Wattepfröpfe vorn und hinten am Rande der Knochenöffnung zwischen Mark und Knochendecke gesteckt werden, so daß sie nur einen ganz leichten Druck ausüben. Die Trennung des Marks wird mit einer feinen Schere vorgenommen, vor Entfernung der Wattetampons überzeugt man sich mit der Sonde durch leichtes Aufheben der Markenden von der Vollständigkeit der Trennung. Die Blutung nach Aufhebung der Kompression ist nur gering und durch Auflegen von etwas Watte leicht zu stillen. In dieser Weise ist die Durchbrennung, welche Singer[321]) neben der Durchschneidung anwendete, entbehrlich.

Für partielle Querschnitte, für die das Mark in der gleichen Weise freizulegen ist, und zwar an breiteren Stellen nur halbseitig, ist besonders auf eine exakte Schnittbegrenzung zu achten. Die Anwendung der Lupe ist sehr zu empfehlen. Soll die Mittellinie nicht überschritten werden, so kann man ein aus einer Nadel geschliffenes „Schutzmesser“ (s. o.) in Längsrichtung in die Mittellinie einstechen, wodurch auch das Mark ein wenig fixiert wird. Besonders im Gebiet der Lendenanschwellung ist darauf zu achten, daß man den Schnitt zwischen den (quer oder schräg verlaufenden)

Ästen der Wurzelgefäße ausführt; es lassen sich dann Nebenverletzungen durch Ernährungsstörungen ganz vermeiden. Auch bleiben bei richtigem Verfahren Nebenwirkungen auf die andere Seite (von sekundären Degenerationen gekreuzter Bahnen natürlich abgesehen) aus, wie ich durch mikroskopische Untersuchung einer Reihe von Fällen feststellte.

Die Hinterstränge durchschnitt Bechterew[16]) mit einem kleinen zweischneidigen Messer.

Für **Längsschnitte**, die genau in der Mitte laufen sollen, sind wegen Gefäßausschaltung Nebenverletzungen zu erwarten, welche über die Mittellinie hinausgehen. Kommt es also bei Längsschnitten nur auf das Erhaltenbleiben der einen Seite an, so wird man den Schnitt etwas neben der Mittellinie auf der anderen Seite führen. Kurze Längsschnitte (zu anatomischen Zwecken) lassen sich im Lendenmark zwischen den in die Medianfurche sich einsenkenden Gefäßen ausführen, ohne daß Nebenverletzungen eintreten, wie mir die mikroskopische Untersuchung ergab.

Hinterhornverletzungen (zu anatomischen Zwecken) erreichte ich durch längsgerichtetes Einstechen eines feinen Messers von der Kante des Seitenstrangs (Lendenmark) aus. (Vgl. eine demnächst erscheinende Arbeit.)

4. Kleinhirn.

Das Kleinhirn ist zwar beim Vogel, besonders der Taube schon beträchtlich entwickelt (auf das Fehlen eigentlicher Hemisphären sei nur hingewiesen), doch bietet es für operative Eingriffe nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten dar. In Längsrichtung verläuft über seine Mitte ein Blutsinus (Sinus occipitalis) und seitlich erschweren die sehr weit nach oben reichenden vorderen Bogengänge des Ohrlabyrinths den Zugang. Es ist zweckmäßig, sich nach J. R. Ewald[81]) ein Schädelpräparat herzustellen, an dem man im wesentlichen nur die Hirnbasis mit Schnabel und die Bogengänge stehen läßt. Man hat dann bei Operationen den nötigen Anhalt über die Abstände der Teile, die nicht verletzt werden dürfen. Für alle Operationen am Kleinhirn ist der Kopfhalter Fig. 3 geeignet.

Für diejenigen Kleinhirnoperationen, bei denen das Organ von oben her erreicht wird, ist die **Entfernung des Sinus occipitalis** wünschenswert. Lange[184]) versuchte den Sinus occipitalis zunächst in der Weise zu unterbinden, daß er über ihm in der Mittellinie eine Knochenspange stehen ließ und den Sinus durch je eine Ligatur oben und unten gegen die Spange abband; dies gab aber keinen genügenden Abschluß. Eine Umstechung der Dura nach Entfernung der Knochenspange gab im allgemeinen auch keine günstigen Resultate.

Ich selbst habe (in noch nicht veröffentlichten Versuchen) den Sinus in folgender Weise unterbunden.

In dem oben beschriebenen Kopfhalter wird der Kopf mit dem Schnabel abwärts so eingestellt, daß die Kleinhirngegend nach oben steht. Nach medianem Hautschnitt wird das Periost entfernt, die Nackenmuskulatur wird nicht abgetrennt. Mit der flach gehaltenen Klinge eines kleinen stark gerundeten Messers wird die obere Knochenlamelle und die Diploe entfernt. Die innere Knochendecke nimmt man zuerst seitlich zwischen Längssinus und Bogengängen in Angriff; die Dura darf nicht verletzt werden. Seitlich geht man bei der Knochenentfernung bis möglichst nahe an die Bogengänge; bei Verwendung sehr feiner Knochenzangen (Ewalds Modell) ist eine Verletzung de

Gangs und des Begleitsinus zu vermeiden. Es ist zweckmäßig, nach Lange den anzulegenden Knochendefekt vorher mit einem kleinen Messer zu umstechen. Nach vorn ist die Grenze der Lücke durch das Vorderende des Kleinhirns gegeben, nach hinten durch den Ansatz der Nackenmuskulatur. Sollte aus kleinen zwischen Knochen und Dura laufenden Gefäßen etwas Blut austreten, so legt man etwas Wattefasern für einige Zeit auf. An der vorderen und hinteren Grenze der Lücke werden nun rechts und links vom Längssinus kleine längsverlaufende Einschnitte in die Hirnhaut gemacht. Das Durchführen des Fadens macht große Schwierigkeiten, wenn man Nadeln, sowohl gekrümmte chirurgische Nähnadeln, als auch feine Unterbindungsnadeln verwendet: hingegen kam ich mit folgendem Mittel zurecht. Es kommt darauf an, ein „Instrument" zu haben, das zwar nicht so biegsam ist, wie der Faden selbst, andererseits aber auch nicht so starr, wie die eben genannten Hilfsmittel, welche immer die Gefahr der Sinuszerreißung bedingen. In einfacher Weise lassen sich diese Bedingungen erfüllen, wenn man das Fadenende selbst versteift, und zwar durch Tränken in flüssiges Paraffin nicht zu niedrigen Schmelzpunktes oder in Kollodium. Ehe der Faden starr geworden ist, biegt man ihn an seinem Ende halbkreisförmig; wird er nun mit der Pinzette gefaßt, so gelingt es, ihn unter dem Sinus ohne Verletzung des Kleinhirns durchzuführen und nunmehr den Sinus vorn und hinten abzubinden und das Mittelstück zu exzidieren.

Die **Längsdurchschneidung** des Kleinhirns in der Mittellinie wird nach der Entfernung des Längssinus ausgeführt. Sie ist aus freier Hand oder mit dem Myelotom auszuführen; ich besitze zurzeit über die Resultate des einen oder anderen Verfahrens noch keine ausreichende Erfahrung.

Über **Durchschneidung der Kleinhirnstile** liegt in der Literatur nur folgende technische Angabe vor. v. Reusz[275]) sticht eine kleine schmale, mit Querstange zur Begrenzung des Einstichs versehene Lanzette bei stark nach vorn gebeugtem Kopfe durch die Haut und Membrana occipitalis in der Richtung des hinteren Augenwinkels ein und biegt die Nadel darauf seitwärts, wodurch der Stil einseitig durchtrennt wird. Nebenverletzungen seien nicht eingetreten, höchstens die Durchtrennung nicht korrekt gelungen.

Meine eigene (bisher unveröffentlichte) Methode ist folgende. Der einzige direkte Zugang zu dem Kleinhirnstil (bei welchem man die für die Säuger bekannten drei Arme nicht unterscheiden kann) ist der von der Ohrhöhle aus. Es liegt nämlich der seitliche die Hemisphäre andeutende Kleinhirnfortsatz, der etwa die dorsale Grenze des Stils angibt, in dem vom vorderen Bogengang des Ohrlabyrinths umschriebenen Bogen. Geht man nun innerhalb dieses Bogens durch Knochen und Hirnhaut bis an die Mitte ein, so kann man den Kleinhirnstil durchschneiden. Die mikroskopische Untersuchung meiner bisher operierten Fälle hat mir gezeigt, daß bei diesem Verfahren keine Nebenverletzungen, besonders auch keine Erweichungen im Kleinhirn, etwa durch Gefäßverletzung, eintreten. Selbstverständlich ist eine genaue Kenntnis der Topographie der Ohrhöhle erforderlich, wegen deren auf das Buch Ewalds[81]) zu verweisen ist. Im einzelnen ist das Verfahren folgendes.

Die Ohrhöhle wird nach den Angaben Ewalds freigelegt, nur wird im oberen Teil des Canalis posterior und gegen den ganzen Bogen des Can. ant. zu der Knochen wesentlich weiter entfernt, als es für Labyrinthexstirpationen nötig ist. Die innere Knochenwand wird nun nach innen am vorderen Bogengang entlang, von der Ampulle anfangend, mit einem Stichmesser linear eingeschnitten, wobei Ampulle und Bogengang intakt bleiben müssen. An dem Messer macht man sich eine unter der Lupe gut sichtbare Marke, welche die Einstichtiefe (etwa die halbe Entfernung der beiden Bogengangebenen, also ca 4,5 mm) angibt und schneidet nun mit senkrecht zur Bogenebene gehaltenem Messer den Kleinhirnstil ein. Da die hintere Grenze des Lobus

opticus etwa mit dem vorderen Teil des Canalis anterior übereinstimmt, braucht ersterer nicht verletzt zu werden.

In dieser Weise sind jedenfalls partielle Durchschneidungen der Kleinhirnstile gut ausführbar, über totale fehlt es mir zurzeit noch an genügenden Erfahrungen. Daß die Endkerne des 8. Hirnnerven in der Medulla unverletzt blieben, stellte ich durch mikroskopische Untersuchung fest.

Die **halbseitige Entfernung** des Kleinhirns wird exakt nur auszuführen sein, wenn ein Medianschnitt und dazu womöglich ein Schnitt durch den einen Kleinhirnstil vorausgegangen ist. Die Entfernung der Hirnsubstanz geschieht am besten mit der Saugmethode. Die Methode der Blutstillung ist bei der nächsten Operation nachzusehen.

Die **vollständige Entfernung** des Kleinhirns ist mit der Saugmethode möglich. Das Schädeldach wird in derselben Weise wie für die Sinusunterbindung eröffnet, der Sinus selbst entfernt (s. oben). Wendet man die Absaugung ohne vorhergehenden Einschnitt in den Stil an, so ist man betreffs der Begrenzung der Läsion in der Tiefe etwas dem Zufall anheimgegeben. Immerhin ergibt sich die Grenze an geeigneter Stelle. Gelegentlich treten nach der Entfernung stärkere Blutungen ein; sie können in sehr wirksamer Weise so bekämpft werden, daß man ein Stückchen Gummituch fest über die Schädelöffnung zieht und erst nach einigen Minuten die derart bewirkte Kompression aufhebt. Die Blutung steht dann ohne nennenswerten Verlust, und nachteilige Wirkungen treten nicht ein.

Schließlich sei noch die Methode angeführt, nach der Lange[184]) etwa $^2/_3$ des Kleinhirns entfernte. Der Sinus und eine ihn von oben schützende Knochenspange werden stehen gelassen und zur Seite das Schädeldach entfernt. Mit einem kleinen galvanokaustischen Brenner wurden kleine Teile des Kleinhirns umgrenzt und Stück für Stück in der Öse herausgehoben. Blut wurde mit Schwämmchen abgetupft. Soviel ich sehe, dürfte durch Absaugen das gleiche zu erreichen und die Möglichkeit einer schädlichen Erwärmung zu vermeiden sein, die sonst nur durch das so sorgfältige Vorgehen Langes auszuschließen ist.

5. Lobi optici.

Singer und Münzer[323]) erreichten die Zweihügel nach Entfernung des Großhirns, nach welchem Eingriff die genannten Teile von oben her völlig freiliegen. Für die Freilegung ohne andere Verletzungen, die nur von der Seite her möglich ist, und die von Münzer und Wiener[229]) angewendet wurde, fehlen nähere Angaben der Autoren; ich möchte deshalb meine Erfahrungen hier anführen. Der Kopf der Taube wird in dem beschriebenen Halter befestigt, die Federn von der Schädelmitte bis zur Ohröffnung entfernt. Der Hautschnitt wird in der Richtung der Ansatzlinie der Nackenmuskeln von der Ohröffnung bis zur Sagittallinie geführt, die Muskulatur braucht nur in der Nähe der Ohröffnung etwas abgelöst zu werden. Nach dem Ewaldschen Verfahren (vgl. Labyrinthexstirpation) wird der vordere Teil der Ohrhöhle (zwischen der äußeren und der inneren das Gehirn bedeckenden Knochenlamelle) freigelegt, so daß der Sinus anterior und der entsprechende Bogengang zu übersehen sind. Nach vorn von diesen Teilen wird die Spongiosa entfernt, wodurch die Knochendecke des Lobus opticus und des Großhirns bloßgelegt werden. Diese Decke wird mit einem feinen Messer entlang dem Sinus anterior und dem Winkel zwischen Großhirn und Lob. opt. so umstochen, daß die Hirnhaut unverletzt bleibt. Nach Ent-

fernung der Decke wird die Dura mit einer feinen Sonde ohne Verletzung der Gefäße der Hirnoberfläche durchrissen, worauf an dem sich aus der Lücke etwas vorwölbenden Lobus kleinere Verletzungen mit dem Messer, größere am besten mit der Absaugung vorgenommen werden können. Der Bogengangapparat bleibt bei dieser Operation (die mit der Lupe und guter Beleuchtungsvorrichtung vorzunehmen ist) bei richtiger Ausführung ganz unverletzt; ferner erwies mir die mikroskopische Untersuchung des Gehirns (Marchimethode), daß keine Nebenverletzungen aufgetreten waren.

6. Großhirn.

Die Hauptmasse des Großhirns der Taube wird von den Stammganglien eingenommen, während die Rinde nur geringe Mächtigkeit aufweist. Bei der Großhirnentfernung ist deshalb stets das Corpus striatum eingeschlossen.

Die **vollständige Entfernung** des Großhirns nimmt Munk[230]) in folgender Weise vor. Es werden alte Tiere verwendet, denen etwa 18 Stunden vor der Operation die Nahrung entzogen wird. Bei der Schädeleröffnung wird eine Knochenleiste über dem Sinus longitudinalis stehen gelassen. Die Dura wird in einem Abstand von 1 mm von dieser gespalten. Beide Hemisphären werden nacheinander exstirpiert. Hierzu finden zwei ganz dünne etwa 3 mm breite Holzstäbchen Verwendung, mit denen die Hemisphäre von hinten her hochgehebelt wird. Wenn man auf den Widerstand des Pedunculus stößt, geht man mit dem einen Stäbchen nach vorn unten und hebt die abgetrennte Hemisphäre heraus. Nachdem in gleicher Weise die andere Hemisphäre entfernt ist, wird die Blutung mit einem dünnen lockren Wattetampon, der in die Höhle oberflächlich eingeführt wird, und durch Aufdrücken eines Schwämmchens auf die Knochenlücke gestillt. Die Haut wird zur Vermeidung von Hirndruck nicht genäht.

Das von Schrader[302]) eingeschlagene Verfahren, welches ich nach eigenen Erfahrungen empfehlen möchte, weicht von dem eben geschilderten vorwiegend darin ab, daß der Sinus longitudinalis nicht geschont und beide Hirnhälften gleichzeitig entfernt werden. Nach allseits ausgiebigster Abtragung des Schädeldachs mit der Knochenzange (wobei zur Schonung der Dura jeweils eine Sonde zwischen jene und den Knochen einzuschieben ist, ehe das Blatt der Knochenzange folgt) wird die Dura parallel der Falx und dem hinteren Knochenrande eingeschnitten, die Falx vorn durchschnitten und torquiert. Mit einem glatten dünnen Spatel, der beiderseits unter die „Schläfenlappen“ geschoben wird, lassen sich nun die beiden Hemisphären abheben und nach vorn umklappen; in der Gegend der vorderen Kommissur werden die Pedunculi durchtrennt. Die Blutung ist oft nur gering. Ist sie reichlicher, so wird mit kühlem Wasser gespült, bis die Orientierung über die Operation möglich ist, und dann die Haut genäht.

Bei der Schwierigkeit, die Blutung ohne zu großen Verlust für das Tier zu stillen, seien noch einige weitere Erfahrungen über diesen Punkt angeführt. Fuchs[101]) rät, die Wundhöhle vorsichtig mit Penghawar oder Eisenchloridwatte ohne stärkeren Druck zu tamponieren oder Glutol einzustreuen. Hermann[134]) verschließt die Schädelöffnung nach Herausnahme des Gehirns mit einem Läppchen und hält dieses angedrückt, bis das die Höhle erfüllende Blut geronnen ist. Darauf Hautnaht. Ich selbst wende zunächst die doppelte Unterbindung des Sinus an und verfahre dann in folgender Weise. Nachdem die Hemisphären in der von Schrader angegebenen Weise zusammen in toto

entfernt sind, werden die ersten Sekunden, in denen die Blutung noch völlig zurückhält, zur Orientierung über die Vollständigkeit der Operation benutzt*). Dann werden die schon vor der Hirnentfernung durch die Hautränder gezogenen Fäden schnell hoch gehoben, wodurch sich die Hautränder aneinander legen; nun wird sofort eine gebogene, in Längsrichtung dem Schädel anpassende Klemme möglichst dicht am Schädel der Haut von beiden Seiten angelegt. In dieser Weise ist erreicht, daß sich nur eben der durch die Hirnentfernung freigewordene Raum mit Blut füllen kann. Die Fäden können jetzt in Ruhe geknotet werden, die Klemme wird bald vorsichtig entfernt, ohne daß es zu Nachblutungen kommt. Man könnte dieses Verfahren wegen der Möglichkeit einer schädlichen Wirkung des Blutdrucks für unstatthaft halten; dagegen ist zu bemerken, daß weder symptomatisch noch auch anatomisch sich nachteilige Folgen von Hirndruck erkennen ließen. Bei einem 17 Tage am Leben erhaltenen und dann bei bestem Zustand getöteten Tier konnte z. B. während des Lebens das Zufliegen und sich Niederlassen auf Gegenstände in der von Schrader beschriebenen Weise beobachtet werden. Ob der Prozentsatz der Fehlversuche bei diesem Verfahren der Blutstillung kleiner oder größer ist, wie bei einem anderen, vermag ich nicht anzugeben**).

Die **halbseitige Entfernung** folgt denselben Regeln; das Schädeldach wird nur halbseitig eröffnet, der Sinus kann in der von Munk geübten Weise geschont werden.

Eine **Entfernung der Rinde** (Dach der Ventrikel) wäre im Bereich des Okzipitalhirns leicht durch Absaugen möglich, ist aber meines Wissens nicht ausgeführt.

Wegen Operationen an Papageien, die wohl nur ausnahmsweise zu weiteren Untersuchungen Anlaß geben, so daß sie hier nicht ausführlich berücksichtigt werden können, sind die Arbeiten Kalischers nachzusehen (152–154).

b) Zentralnervensystem der Säugetiere.

I. Ausschaltung des ganzen Nervensystems.

Im Anschluß an Herings [131]) Verfahren zur Isolierung des Herz-Lungenkreislaufs bildeten Asher und Arnold [4]) eine Methode zur ganz allmählichen unblutigen Ausschaltung zentraler Teile aus. Da die Methode vorwiegend zur Ausschaltung nur des Rückenmarks verwendet wurde, ist sie erst unten näher zu besprechen. Hier ist nur zu erwähnen, daß durch Unterbindung auch noch der anderen Karotis das ganze Gehirn ausgeschaltet wird.

Weniger empfehlenswert erscheint das Verfahren von Spina [331]), bei welchem der Atlas entfernt und von hier aus das ganze Rückenmark durchbohrt wird; der Wirbelkanal wird durch Wattetampons verschlossen. In ähnlicher Weise wird das Gehirn zerstört. Zur Blutdrucksteigerung werden 150—250 ccm körperwarmer physiol. Kochsalzlösung zentralwärts in die Schenkelarterie injiziert. Asher und Arnold [4]) sind u. a. der Ansicht, daß sich die Ausschaltung auf diese Weise nicht sicher genug ausführen und nachweisen läßt.

2. Ausschaltung des Gehirns mit Medulla und Halsmark.

Aus dem oben (Seite 46) Gesagten geht schon hervor, daß sich der Kussmaul-Tennersche Versuch der Unterbindung der vier Hirnarterien nicht bei allen Versuchstieren mit dem für uns in Betracht

*) Etwa stehen gebliebene Reste der Okzipitalrinde werden abgesaugt.

**) Auch Exner (Hermanns Handb. d. Physiologie II. (2). 1879. 198) verwendet, wie ich nachträglich sehe, den sofortigen Verschluß durch Naht der Kopfhaut (Huhn) und streut auf die Nahtstelle gepulvertes Gummi arabicum.

kommenden Erfolg der vollständigen Ausschaltung des Gehirns ausführen läßt, sondern daß der Hund ausscheidet und neben der Katze vorwiegend das Kaninchen in Betracht kommt.

Die Methode der Gefäßunterbindung ist für das Kaninchen von Kussmaul[176]), Kussmaul und Tenner[177]), Scheven[294]) angegeben worden (vgl. auch Hermann[134])). Die Muskulatur wird von der Spitze des Brustbeins abgelöst und der obere Sternumteil reseziert. Die Zungenbein- Brustbeinmuskeln werden entfernt. In dieser Weise werden die vom Aortenbogen abgehenden Gefäßstämme freigelegt. Es sei daran erinnert, daß meist die beiden Karotiden und die rechte Subclavia, welche ihrerseits wieder die rechte Vertebralis abgibt, aus dem gemeinsamen Truncus anonymus entstehen, während die linke Subclavia, welche die linke Vertebralis abgibt, stets getrennt aus der Aorta entsteht. Da die Isolierung und Unterbindung der Vertebrales zu schwierig ist, wird die Arteria subclavia sinistra und der ganze Truncus anonymus unterbunden. Nach Scheven sind die Krämpfe (die bei der bloßen Ausschaltung nach Möglichkeit zu vermeiden sind) je nach dem Stand der Narkose gering oder fehlend. Da die Ausschaltung bis zum Halsmark geht, ist künstliche Atmung vorzusehen. Gelegentlich wird es nützlich sein zu wissen, wie lange die Abklemmung ohne dauernden Schaden des Gehirns anhalten darf. Scheven stellte fest, daß nach einer Gefäßkompression von 10—15 Minuten Dauer die durch elektrischen Reiz geprüfte Erregbarkeit des Gehirns schon 2—5 Minuten nach Lösung der Abklemmung wiederhergestellt ist. Unter günstigsten Bedingungen konnte noch nach 30 Minuten dauerndem Gefäßverschluß die Erregbarkeit wieder eintreten. Allerdings wird zu berücksichtigen sein, daß die einzelnen Teile und Funktionen des Gehirns sich hierin verschieden verhalten können.

An der Katze (in einigen Fällen auch am Hunde) arbeiteten Stewart, Guthrie, Burns und Pike[337, 338]). (Letztere auch am Kaninchen.) In der ersten der angegebenen Arbeiten sind die Varietäten des Ursprungs der Gefäße aus dem Truncus anonymus besprochen und abgebildet. Es wurde wiederum der Truncus anonymus und die linke Subclavia proximal von dem Ursprung der Vertebralis unterbunden. Die Pleura und der Ductus thoracicus sind bei der Freilegung sorgfältig zu schonen. Über die für Dauerversuche zur künstlichen Atmung angewendete Kehlkopfintubation s. S. 9.

Eine direkte Ausschaltung des Gehirns und der Medulla kann nach Sherrington[314]) derart vorgenommen werden, daß an der Katze die Trachea mit Kanüle versehen und beide Karotiden unterbunden werden. Dicht hinter dem Proc. transversus des Atlas, der sich durchfühlen läßt, wird die Muskulatur nach Freilegung tief inzidiert. Hinter den Transversalfortsätzen des Atlas wird in eine in den Dornfortsatz des Epistropheus gemachte Kerbe eine starke dicke Ligatur mit einer Aneurysmennadel unter dem Körper des Epistropheus durchgeführt. Durch diese werden die Vertebralarterien dort komprimiert, wo sie vom Proc. transversus des Epistropheus zu dem des Atlas verlaufen. Eine zweite starke Ligatur wird in der Höhe des Ringknorpels so um den Hals geschlungen, daß nur die Trachea außerhalb bleibt. Die Dekapitation wird im Atlanto-Okzipitalraum vorgenommen. Blutsickern aus dem Wirbelkanal wird durch Hebung des Halses über den Rumpf zum Stehen gebracht. Der Hautlappen wird vernäht. Bei Warmhalten des

Rumpfes und künstlicher Atmung mit erwärmter Luft können die Reflexe über lange Stunden beobachtet werden, wenn nach Beendigung des Eingriffs das Narkotikum (Chloroform) ausgesetzt wird.

Über reizlose vorübergehende Ausschaltung des Gehirns (vgl. S. 35) durch Abkühlung des Bluts sowie durch ringförmige örtliche Halsmarkkühlung denke ich in kurzem an anderer Stelle berichten zu können.

3. Eingriffe am Rückenmark.

a) Ausschaltung des Rückenmarks in größeren Abschnitten.

Die schon kurz berührte Methode von Asher und Arnold[4]) wird am Kaninchen ausgeführt. Beide Vertebrales und Subclaviae werden unterbunden und ein Faden zur temporären Abklemmung um die Aorta gelegt (wegen der Technik der Freilegung der Aorta muß auf die Abhandlung verwiesen werden). Eine Karotis dient zur Verbindung mit dem Manometer, die andere wird freigelassen (oder ebenfalls verschlossen, wenn auch das Gehirn ausgeschaltet werden soll, s. o.) Der Aortenbogen wird etwa 5 Minuten verschlossen und der kurzdauernde Verschluß so oft wiederholt, bis durch Ausbleiben der Wirkung bei Reizung des Depressor die Ausschaltung des Rückenmarks angezeigt wird. (Dieser Reflex leistet der Anämie am längsten Widerstand.)

Der Stensonsche Versuch der Aortenabklemmung wurde zur dauernden Ausschaltung des Lendenmarks, besonders der weniger widerstandsfähigen grauen Substanz, am Kaninchen von Ehrlich und Brieger[76]) angewendet. Die Ligatur, deren Anlegung von du Bois-Reymond[46]) beschrieben ist (vgl. auch Krause[170])), und die in einer Umstechung der Aorta in der Höhe des 4. Lendenwirbels besteht, bleibt etwa eine Stunde liegen, wenn dauernde Lähmung erfolgen soll. Die anatomischen Befunde sind der Arbeit von Münzer und Wiener[228]) zu entnehmen*).

Will man die Zirkulation im Rückenmark bis an die obere Grenze des Dorsalmarks hinauf unterbrechen (Katze, Kaninchen), so sind nach Gad[102]) der Aortenbogen und beide Art. subclaviae zu unterbinden; es kann dann aber noch Blut rückläufig aus dem Gebiet der Vertebrales in die Art. intercost. suprem. gelangen, was am besten durch Mitunterbindung der Vertebrales verhindert wird. (Die Karotiden müssen natürlich frei bleiben, wenn der Hirnkreislauf intakt bleiben soll.)

Da, wie erwähnt (S. 43), beim Hunde die Aortenabklemmung für sich nicht zur Ausschaltung durch Anämie genügt, bemühte sich Rothmann[277]), bei diesem Versuchstier (für Katzen gilt das gleiche Verhalten) den Versuch in geeigneter Weise zu vervollständigen. Es wurde die Aortenabklemmung mit Durchschneidung der Art. spinalis anterior kombiniert; das mit einem gekrümmten Haken aus dem Wirbelkanal herausgehobene Rückenmark wird ventral mitsamt der genannten Arterie durchschnitten. Die Tiere lassen sich eine für Degenerationsversuche genügende Zeit am Leben erhalten.

Eleganter werden ähnliche Zwecke beim Hunde mit der zuerst von Lamy[180]) geübten Emboliemethode erreicht. Die durch Bauchschnitt freigelegte Aorta wird unterhalb der Nierenarterien mit Daumen und Zeigefinger abgeklemmt. Durch die eröffnete Art. cruralis wird eine Sonde in die Aorta eingeführt, die Aorta oberhalb der Art. spermat. abgeklemmt und

*) Eine Vorrichtung zur vorübergehenden Kompression der Bauchaorta enthält das Verzeichnis von W. Petzold. Leipzig-Kleinzschocher, auf Seite 106, Fig. 148.

nun in das zwischen den Abklemmungsstellen liegende Aortenstück 2—3 ccm einer Lykopodiumaufschwemmung injiziert; durch Aufhebung der oberen Kompression werden die Körperchen in die allein noch freien Lumbararterien getrieben. Nach einigen Sekunden wird auch die untere Kompression aufgehoben und die Cruralis unterbunden. Nach der gleichen Methode arbeiteten Rothmann[276]) und Hoche[139]). Aus des letzteren Arbeit seien noch einige methodische Angaben, welche zur Ergänzung der von Lamy dienen, hervorgehoben. Nach Hoche ist es nicht nötig, die Aorta schon über den Art. spermat. abzudrücken, vielmehr ist die Stelle dicht über der Teilung in die Iliacae zu bevorzugen. Während der Operierende mit den Fingern die beiden Abklemmungen besorgt, führt ein Assistent einen elastischen mit Spritze versehenen Katheter in die Femoralis ein, welchen man durch die untere Kompressionsstelle bis in die Aorta gleiten läßt. Die Suspension der Lykopodiumkörner wird durch Erhitzen und Schütteln mit Kochsalzlösung erzielt.

Eine ähnliche Methode wurde von Hoche[139]) zur Embolie des oberen Dorsalmarks angegeben. Nach Bauchschnitt wird die Aorta mitsamt Art. coeliaca und mesenter. sup. an der Durchtrittstelle durch das Zwerchfell komprimiert; der von der Femoralis aus eingeschobene Katheter passiert die Kompressionsstelle und wird bis in die Aorta thoracica geschoben. Eine obere Kompression ist nicht notwendig, die injizierte Flüssigkeit gelangt mit dem Blutstrom in die Interkostalarterien.

Im Anschluß hieran sei noch auf die Methode Singers[322]) kurz verwiesen, durch welche Ölfarbe in begrenzte Teile der Spinalarterien injiziert werden kann. Nach Marckwald[209]) kann mit seiner unten beschriebenen Methode (S. 71) beim Kaninchen von der Vertebralis aus das Halsmark mit 0,1 ccm bis zum Atlas, mit 0,11 ccm bis zum Beginn der Art. basilaris injiziert werden.

Zur direkten Ausschaltung größerer Rückenmarksstrecken stehen die folgenden Methoden zur Verfügung. Nachdem Goltz in der ersten Zeit das Lenden- und Sakralmark mit der Sonde zerstört hatte, gingen später Goltz und Ewald[112]) derart vor, daß sie in einer ersten Operation eine einfache Querdurchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des 5. Halswirbels oder tiefer vornahmen (Methode s. u.); nach einigen Wochen folgte ein zweiter Querschnitt dicht kaudal an der Narbe der ersten Durchschneidung. Das ganze zu entfernende Rückenmarksstück wird freigelegt und unter Durchschneiden der Nervenwurzeln herausgehoben. Es folgt Tamponade des Wirbelkanals, in welchem ein Docht aus Baumwollstoff ein bis zwei Tage liegen bleibt. Nach einigen Wochen können weitere solche Operationen ausgeführt werden; die Länge der auf einmal herausgenommenen Markstücke beträgt 8—11 cm. Die Operationen wurden an kleinen Hunden ausgeführt.

Radikaler verfährt Friedenthal[96]), welcher das Rückenmark in einer Sitzung vom 4. Brustwirbel abwärts herausnimmt. Von einer kleinen Öffnung des Wirbelkanals aus wird das Rückenmark am oberen Ende des herauszunehmenden Stückes durchschnitten und die Wunde wieder verschlossen. Darauf legt man eine Öffnung am unteren Ende des Wirbelkanals an und zieht das abgetrennte Rückenmarksstück in toto aus dem Kanal heraus.

b) Durchschneidung der Rückenmarkswurzeln.

1. Topographisches.

Den Methoden der Wurzeldurchschneidung seien einige anatomische Angaben über die Lage der einzelnen Wurzeln zu den Wirbeln und über die peripheren Verbreitungsgebiete der Wurzeln vorausgeschickt.

Die erstere Beziehung ist von Gotch und Horsley [113]) für die Katze genauer angegeben worden. Für ihre Benutzung zu operativen Zwecken ist natürlich vorausgesetzt, daß die Lage der einzelnen Wirbel durch die intakte Haut feststellbar ist; soweit dies nicht in der üblichen Weise durch Abzählen an den Dornfortsätzen möglich ist, könnte man die Durchleuchtung des wenn nötig narkotisierten Tieres mit Röntgenstrahlen zu Hilfe nehmen, und sich die mit Hilfe des Schirmes ermittelte Wirbellage etwa durch einen durch die Haut gezogenen Silberfaden markieren.

Topographische Beziehung zwischen Ursprung der Spinalnerven am Rückenmark und den Wirbelkörpern bei der Katze (nach Gotch und Horsley). Neben den die Wurzeln bezeichnenden römischen Ziffern findet sich die entsprechende Wirbelhöhe angegeben.

Zervikale Rückenmarkswurzeln.

I. Oberer Rand des ersten Halswirbels.
II. Obere Hälfte des zweiten Halswirbels.
III. Mitte des dritten Halswirbels.*)
IV. Oberer Rand des vierten Halswirbels.*)
V. Zwischenscheibe des 4. und 5. Halswirbels.
VI. Unterer Rand des 5., und Scheibe zwischen 5. und 6. Halswirbel.
VII. Untere Hälfte des 6. Halswirbels.
VIII. Mitte des 7. Halswirbels.

Dorsale Rückenmarkswurzeln.

I. Scheibe zwischen 7. Hals- und 1. Dorsalwurzel.
II. Unterer Rand des 1., und Scheibe zwischen 1. und 2. Dorsalwirbel.
III. Untere Hälfte des 2. Dorsalwirbels.
IV. Untere Hälfte des 3. Dorsalwirbels.
V. Untere 2/3 des 4. Dorsalwirbels.
VI. Mitte des Körpers des 5. Dorsalwirbels.
VII. Untere Hälfte des 6., und Scheibe zwischen 6. und 7. Dorsalwirbel.
VIII. Untere Hälfte des 7., und Scheibe zwischen 7. und 8. Dorsalwirbel.
IX. Scheibe zwischen 8. und 9. Dorsalwirbel.
X. Scheibe zwischen 9. und 10. Dorsalwirbel.
XI. Obere Hälfte des Körpers des 11. Dorsalwirbels.
XII. Mitte des Körpers des 12. Dorsalwirbels.
XIII. Untere Hälfte des Körpers des 13. Dorsalwirbels.

Lumbale Rückenmarkswurzeln.

I. Untere Hälfte des 1. Lumbal- und Scheibe zwischen 1. und 2. Lumbalwirbel.*)
II. Unteres 1/4 des 2., Zwischenscheibe und oberes 1/4 des 3. Lumbalwirbels.*)

---

*) Diese Nerven verlaufen zwischen Mark und Zwischenwirbelloch ein wenig nach vorwärts.

III. Scheibe zwischen 3. und 4. Lumbalwirbel.
IV. Unterer Rand des 4. Lumbalwirbels.
V. Mitte des 5. Lumbalwirbels.
VI. Unteres 1/4 des 5. und Scheibe zwischen 5. und 6. Lumbalwirbel.
VII. Oberes 1/4 des 6. Lumbalwirbels.

Sakrale Rückenmarkswurzeln.

I. Zweites 1/4 des 6. Lumbalwirbels.
II. Drittes 1/4 des 6. Lumbalwirbels.
III. Scheibe zwischen 6. und 7. Lumbalwirbel.

Coccygeale Rückenmarkswurzeln.

Das Mark verjüngt sich allmählich und reicht bis zum 3. Sakralwirbel.

Die wertvollen Ergebnisse Sherringtons[309. 311]) über die periphere Ausbreitung der einzelnen Hinterwurzelgebiete, welche für viele experimentelle Fragen heranzuziehen sind, lassen sich leider hier nicht in Kürze wiedergeben. Im allgemeinen ist hervorzuheben, daß sich die peripheren Gebiete der einzelnen Hinterwurzeln überdecken, daß also ein bestimmter Hautnerv seine Fasern verschiedenen Hinterwurzeln zuführt. Das Verbreitungsgebiet einer einzelnen Wurzel konnte aber in der Weise ermittelt werden, daß eine genügende Anzahl von Wurzeln ober- und unterhalb der zu prüfenden durchschnitten und nun die Grenzen der empfindlichen Hautstelle aufgesucht wurden. Für jede Wurzel ergab sich so ein in sich zusammenhängender Bereich.

Über die Beziehungen der Rückenmarkswurzeln zur oberen Extremität des Affen sei folgende Tabelle nach Sherrington (vereinfacht) wiedergegeben; sie enthält auch einiges über die Innervation der Muskulatur durch die Vorderwurzeln verschiedener Höhe. Wegen dieser Beziehung ist im übrigen auf Sherringtons Arbeiten zu verweisen.

		Wurzeln	
		Zervikale	Thorakale
Schulter	Haut	3. 4. 5. 6.	2. 3. 4.
	Muskeln	4. 5. 6. 7. 8.	1.
Ellenbogen	Haut	5. 6. 7. 8.	1. 2.
	Muskeln	5. 6. 7. 8.	1.
Handgelenk	Haut	6. 7. 8.	1.
	Muskeln	6. 7. 8.	1. 2.
Finger	Haut	6. 7. 8.	1.
	Muskeln	(6). 7. 8.	1. 2.

Besonders erwähnenswert dürfte weiter sein, daß der vielfach untersuchte Patellarreflex nach Sherrington[308. 311]) beim Affen durch die 5., bei der Katze durch die 6., beim Kaninchen durch die 5. und 6. lumbale Hinterwurzel geleitet wird (vergleiche auch v. Trzecieski[352]) für das Kaninchen), während beim Hunde nach Bikeles und Zaluska[36]) die 5., daneben aber noch die 4. und weniger die 6. Lumbalwurzel in Betracht kommt (vgl. auch Bikeles und Gizelt[35])). Die der Übertragung einiger Hautreflexe dienenden Hinterwurzeln, sowie diejenigen, welche zu den wichtigsten sensiblen Nerven der Hinterextremität des Hundes in Beziehung stehen, wurden von Bikeles und Gizelt[35]) ermittelt.

Die sympathischen Fasern für das Auge stammen bei der Katze nach Langley[191]) aus der 1., 2. und 3. Thorakalwurzel; ebenso nach Sherrington[310]) für den Affen.

2. Durchschneidung der Hinterwurzeln.

Dem Plane der Darstellung entsprechend werden die Durchschneidungen, welche zum Zwecke der nachfolgenden Reizung ausgeführt werden, erst im zweiten Hauptabschnitt berücksichtigt. Hier handelt es sich im wesentlichen um Versuche, in denen die Hinterwurzeln zum Zweck des Studiums der Bewegungsstörungen durchschnitten werden, und in welchen eine längere Lebensdauer der Tiere nötig ist. Hieraus ergibt sich auch in bezug auf die Technik ein Unterschied gegen die erstgenannten Operationen, indem bei der Notwendigkeit, eine durch Kompression nicht komplizierte Heilung zu erzielen, die Öffnung in dem Wirbelkanal möglichst schmal auszuführen ist, während man sich im anderen Fall durch breite Eröffnung einen möglichst bequemen Zugang zu den Wurzeln verschafft.

Am häufigsten werden die Hinterwurzeln der Cauda equina, die unter anderem die Hinterbeine versorgen, durchschnitten. Eine genaue Beschreibung der Methode hat Bickel[33]) gegeben. Es werden Hunde im Alter von 5 Wochen bis drei Monaten verwendet. Die Cauda, das Lenden- und untere Brustmark werden freigelegt, die Dura in der Mittellinie gespalten und zur Seite gezogen. Vom kranialen Wundende her läßt man nach Sistieren der Blutung physiologische Kochsalzlösung über das Rückenmark rieseln, wodurch der Austritt der flottierenden Hinterwurzeln aus der hinteren Seitenspalte sehr deutlich wird. Mit einer an der Spitze bis zu 1/2 cm fast rechtwinklig abgebogenen Nadel geht man unter die Fäden der Wurzeln und durchtrennt sie mit der Schere, von kranial nach kaudal fortschreitend.*) Die Wunde wurde in den ersten Tagen drainiert. An Katzen ist die Operation in gleicher Weise ausführbar. Nach Sherrington[309]) wird die auf der Dura liegende Fettschicht, welche große Venen enthält, mit einem stumpfen Finder zurückgeschlagen. Vor der Durchschneidung führt er einen Faden um die Wurzel, um die vollständige Durchschneidung durch Entfernen des geschlossenen Fadens nach dem Schnitt zu sichern; dieser hat mit einem einzigen Scherenschluß zu geschehen, weil die die Wurzeln begleitenden Venen Blutungen geben, welche die Wurzeln verdecken.

Man kann auch extradural vorgehen, indem man nach Gumprecht[122]) das Bindegewebe zwischen Hinter- und Vorderwurzel durch feine ausgezogene Glasstäbe mit angeschmolzener Kuppe durchtrennt.

Eine ganz entsprechende Methode verwendete Merzbacher[214]) für die vorwiegend zu Schwanz und After gehörigen Wurzeln der Cauda equina.

Im Gegensatz zu diesen intraduralen Methoden nimmt Köster[165]) bei Hunden die Durchschneidung von Hinterwurzeln der einen Seite im Gebiet der unteren Brust- und oberen Lendenwirbelsäule extradural vor. Auf der Seite, auf der die Hinterwurzeln durchschnitten werden sollen, wird die zwischen Proc. spinosi und transversi gelegene Muskelmasse in meist recht blutiger Operation möglichst rasch entfernt, die Blutung durch Tam-

*) Auf das Verfahren von Oddi und Rossi zur Lokalanästhesie (S. 8) sei hier nochmals verwiesen.

ponade gestillt. Dann werden so viele Wirbelbögen, als Wurzeln durchschnitten werden sollen, trepaniert; der Trepan darf nicht in die Mittellinie gelangen, der Blutungen wegen, welche schon so wie so stark sind und durch Tamponade des Trepanlochs behandelt werden. Bei kleineren Hunden werden noch die Knochenbrücken zwischen den einzelnen Trepanlöchern unter Schonung der Proc. spin. und transv. entfernt. Die auf einen gebogenen Finder genommenen Wurzeln werden extradural durchschnitten. Die Haut wird primär vernäht.

Ebenfalls extradural geht v. Trzecieski[352]) beim Kaninchen zur Durchschneidung einzelner Lendenwurzeln vor. Nach querer Durchtrennung der Fascia lumbo-dorsalis über den Querfortsätzen dringt man durch stumpfe Präparation an der medialen Seite derselben bis auf die Wirbelsäule vor, und trepaniert zwischen zwei benachbarten Querfortsätzen, von denen die Muskelsehnen abgeschnitten werden. Die Trepankrone mißt $3^1/_2$—4 mm Durchmesser. Die im Trepanationsloch erscheinende Wurzel wird mit einer sehr feinen Pinzette fixiert und mit schmalem Messer unter Andrücken an den Knochen durchschnitten. Die Faszie wird vernäht.

Die zur vorderen Extremität gehörigen Hinterwurzeln wurden von Mott und Sherrington[227]), von Munk[231]) und von Kopczyński[166]) am Affen durchschnitten. Nach Munk (briefl. Mitt. und [231])) läßt sich hier die extradurale Durchschneidung nicht fehlerfrei für eine ganze Reihe von Wurzeln ausführen, so daß die Dura eröffnet werden muß. Im Bereich der zu durchschneidenden Wurzeln, nämlich von der 4. Zervikal- bis zur 4. Dorsalwurzel einschließlich, werden die Wirbelbögen beiderseits symmetrisch und so weit seitlich, daß die Vena spinalis nicht verletzt wird, mit der Kneifzange aufgebrochen, die auf der Dura gelegene Fettschicht mittels Finders beseitigt, die Dura in der Mittellinie von vorn nach hinten gespalten. In der Nähe der zu durchschneidenden Wurzel wurde die Dura jedesmal mit der Pinzette gehoben und ein feines Scherenblatt unter die Wurzel geschoben, diese durchschnitten und der zentrale Stumpf medialwärts zurückgeschlagen; das Rückenmark lag so vollkommen glatt und von jedem Wurzelfaden frei vor. Die Dura blieb sich selbst überlassen, die Muskulatur und Haut wurden direkt vernäht.

Für das Halsmark fehlen nähere technische Angaben über isolierte Hinterwurzeldurchschneidungen, abgesehen von den gleich zu erwähnenden Versuchen von Köster, in denen es sich nur um eine einzige Wurzel handelt. Ich fand die oberen Halswurzeln (die unteren, zum Zervikalplexus gehörigen sind schon erwähnt worden) bei der Katze intradural gut zugänglich, mit einer Methode, die sich an die für die Armwurzeln gültigen eng anschließt. Die erste Wurzel ist vom Foramen atlanto-occipitale aus gut zu erreichen, dessen Freilegung weiter unten beschrieben wird; wenn nötig, kann noch ein Stück des vorderen Atlasrandes mit der Knochenzange entfernt werden.

Um eine möglichst gute Heilung ohne Kompression durch die übergenähte Muskulatur oder durch Kyphosenbildung zu erreichen, habe ich bei der Katze die vier ersten Halswurzelpaare jede von einer besonderen zwischen den beiden Wirbeln (bzw. Atlas und Okziput) angelegten Lücke aus durchschnitten und die Dura über jedem Wurzelpaar nur eine kurze Strecke weit gespalten; die stehenbleibenden Teile der Wirbelbögen sollten dabei die Kompression des Markes verhüten. Es stellte sich aber dabei ein anderer Übelstand heraus, indem das Mark an den Operationsstellen herausgedrängt

wurde, so daß sehr bald Lähmungserscheinungen auftraten. Es ist also die völlige Entfernung der Wirbelbögen, und zwar in möglichst geringer Breite, und die Schlitzung der Dura entlang der ganzen Operationsstrecke auch hier zu empfehlen.

Schließlich ist noch die Methode zur Durchschneidung der zweiten Halswurzel, der einzigen, die außerhalb des Wirbelkanals in Angriff genommen werden kann, anzuführen. Bei Katzen und Hunden vereinigt sich die vordere und hintere Wurzel dieses Paares erst außerhalb des Wirbelkanals, so daß sie von den verschiedenen Autoren dort durchschnitten wurde. Köster[165]) beschreibt die Methode folgendermaßen. Nach Hautschnitt in der Mittellinie wird die Muskulatur an der Übergangsstelle des sehr prominenten Proc. spinos. III zu dem weniger hervortretenden Pr. sp. II hart am Knochen eingeschnitten. Der Schnitt ist möglichst klein zu machen, damit der eigentümlich gekrümmt verlaufende 2. Zervikalnerv nicht verletzt wird. Durch stumpfe Präparation dringt man bis auf die Wurzel vor, trennt unter Achtung auf eine zwischen der Vorder- und Hinterwurzel verlaufende Vene die beiden Anteile mit einem Finder, wobei auf das Vorkommen von mehreren Wurzelbündeln statt eines zu achten ist.

Mit den beschriebenen Methoden lassen sich vollständige Ausschaltungen der afferenten Bahnen in jeder Gegend der Spinalachse mit Sicherheit ausführen. Schwieriger ist nach den vorliegenden Berichten die Frage zu beantworten, ob die Ausschaltung immer ohne (primäre oder sekundäre) Nebenverletzungen motorischer Systeme möglich ist. Es können hier nur einige Punkte kurz herausgegriffen werden. Munk[231]) berichtet, daß sich in seinen Fällen durch Verlust der Wirbelbögen und Insertionsstellen der Rückenstrecker eine Kyphose der oberen Wirbelsäule ausbildete, so daß eine nach 9—11 Monaten zur Lähmung führende Kompression entstand. Es scheint mir nicht unlohnend zu sein, den Versuch zu machen, ob durch Einheilenlassen einer festen Stütze die Kyphosenbildung vermindert werden kann. Jedenfalls muß die anatomische Untersuchung feststellen, bis zu welchem Zeitpunkt diese Nebenwirkungen vernachlässigt werden können. Von den veröffentlichten anatomischen Untersuchungen, welche Hinterwurzeldurchschneidungen betreffen, kommen hier nur solche mit ausgedehnten Durchschneidungen in Betracht. Sehr gute Resultate erzielte Mott[225]), welcher z. B. bei einseitiger Durchschneidung von 5 lumbalen Wurzeln nach 40 Tagen nur Degeneration in den gleichseitigen Hintersträngen fand. Kopczyński[166]) findet bei einseitiger Durchschneidung der Wurzeln des Brachialplexus des Affen nach 4 Wochen keine Anhaltspunkte, welche berechtigen, die Symptome auf Nebenläsionen zurückzuführen. Daß solche Ergebnisse nicht allgemeingültig sein können, sondern daß es sehr auf die Ausführung der Operation ankommt, braucht kaum besonders betont zu werden.

3. Durchschneidung der Vorderwurzeln.

Über diese Operation ist nach dem vorigen nur wenig hinzuzusetzen. Eine intradurale Durchschneidung dürfte nur im Gebiet der Cauda möglich sein. Im übrigen ist es, wenn der Versuchsplan das Erhaltenbleiben der Hinterwurzeln nicht erfordert, am einfachsten, beide Wurzeln im Wirbelkanal extradural zu durchschneiden. Das Verfahren bei Reizversuchen ist weiter unten nachzusehen.

c) Querschnitte.

Von queren Durchschneidungen kommen hier nur die in Betracht, welche das ganze Mark oder genau die eine Hälfte betreffen. Die Schnitte durch einzelne Strangsysteme werden unter eigener Überschrift aufgeführt.

Quere Durchschneidungen lassen sich im allgemeinen am bequemsten zwischen zwei Wirbeln ausführen, indem man nach Entfernung des Dornfortsatzes von der Lücke zwischen den beiden Wirbelbögen aus vorgeht. Sie müssen mit möglichst scharfem Schnitt ausgeführt werden, da nach Goltz und Ewald[112]) die Shockwirkung bei Durchquetschung stärker ist, als bei Durchschneidung.

Bei totalen Quertrennungen kommt es vor allem darauf an, schon bei der Operation über die Vollständigkeit der Trennung sicher zu sein. Goltz und Ewald[112]) verwendeten hierfür eine kleine Zange, die einer Geburtshelferzange ähnlich gebaut ist. Jeder Arm der Zange wird für sich um das Rückenmark geführt, bis die stumpfen Enden beider Faßarme sich berühren. Die derart geschlossene das ganze Rückenmark umgreifende Zange kann uneröffnet nur dann herausgezogen werden, wenn das Mark wirklich vollständig durchschnitten ist. Philippson[258]) verwendet zu dem gleichen Zweck einen mit einer gekrümmten Nadel unter das Mark geführten Faden.

Um die Durchschneidung der ventral liegenden (extraduralen) Venen mit der folgenden Blutung zu vermeiden, durchschnitt Eckhard[70]) das Mark mit der Schere zunächst nicht ganz vollständig, hob dann die ventral stehen bleibende Brücke innerhalb der Dura mit einem Häkchen auf und durchtrennte sie nun für sich; ein Verfahren, welches besonders bei kleinen Tieren mit zarter Dura empfehlenswert sein dürfte.

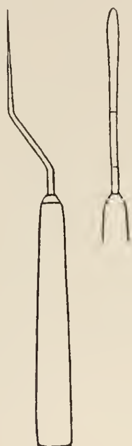


Fig. 20.
Bajonettförmiges Messer. Links von der Kante, rechts von der Fläche gesehen (natürl. Größe).

Bei halbseitigen Schnitten, bei denen genau die eine Markhälfte durchtrennt werden soll, macht zunächst das Auffinden der Mittellinie Schwierigkeit. Man kann das Mark seitlich bis zum Eintritt der hinteren Wurzelfäden freilegen und nach diesen die Mitte taxieren; oder man richtet sich nach der Höhe der Rundung des Marks. Ich habe in der Regel die Lupe zur genauen Orientierung zu Hilfe genommen. Weiterhin kann das gewünschte Resultat nur erzielt werden, wenn die Sagittalebene des Marks genau senkrecht steht, was mit Hilfe der schon beschriebenen Tierhalter erreicht wird. Auf genaue Senkrechthaltung des Messers in der Gegend der Mittellinie ist zu achten. Das Messer selbst trägt am besten keine Spitze, sondern ist unten abgerundet, wenn auch geschärft (Fig. 20). Man verfängt sich dann nicht in der Dura, und kann hoch oben im Halsmark so durchtrennen, daß die großen basalen Arterien unverletzt bleiben (vgl. Fig. 19, welche die Lage der Arterien für den Hund wiedergibt). Man führt deshalb das Messer mit nur geringem Druck in die Tiefe, bis man die Resistenz der Hüllen deutlich fühlt. Große Vorsicht ist bei dem Schnitte nötig, wenn im Halsmark oberhalb der spinalen Ursprungsstellen der Atemnerven geschnitten wird. Es können zwar die Leitungsbahnen der einen Seite stets

entbehrt werden, doch kann durch Zerrung der anderen Seite eine Atemstörung eintreten. Man schneide deshalb nicht mit einem Zuge ganz durch, sondern führe das Messer mehrmals ein; tritt doch einmal Aussetzen der Atmung ein, so komprimiert man den Thorax rhythmisch, bis die spontane Atmung wieder eintritt. Damit die das Messer führende Hand das Operationsfeld nicht überdeckt, ist es zweckmäßig, das Messer bajonettartig herzustellen (Fig. 20), besonders wenn man unter der Lupe arbeitet. Verwendet man das oben empfohlene abgerundete Messer, so kann man, die nötige Übung vorausgesetzt, schon bei der Operation über die genau halbseitige Durchschneidung ziemlich sicher sein*), in jedem Falle ist aber trotzdem die mikroskopische Untersuchung der Schnittstelle nötig. Ihr Ergebnis trägt man in Querschnittzeichnungen ein (vgl. [315, 350, 351])).

Die Wunde kann in der Regel fest verschlossen werden. Bei Ansammlung von Zerebrospinalflüssigkeit wendete Mott[223]) Punktion an. Bei stärkerer auf Tamponieren nicht stehender Blutung legte Philippson[258]) einen Gazedocht ein, der erst nach einigen Tagen entfernt wurde, wie dies auch schon von Goltz und Ewald[112]) ausgeführt war.

d) Quere Durchtrennung einzelner Leitungsbahnen.

1. Aufsteigende Bahnen.

Eine isolierte Durchschneidung der Hinterstränge wurde beim Hunde von Borchert[49]) vorgenommen. Nach Freilegung des Rückenmarks und Spaltung der Dura werden zwei spitze Messerchen gegeneinander konvergierend so in die beiden hinteren Seitenfurchen, welche am Eintritt der hinteren Wurzelfäden kenntlich sind, eingestochen, daß ihre Spitzen sich etwa in der Gegend der hinteren Kommissur begegnen. Die Messer werden mit der Schneide etwas nach vorn gerichtet herausgezogen, wobei die Spitzen dauernd in Berührung bleiben. Eine Mitverletzung der grauen Substanz ist nicht zu vermeiden. Bechterew[16]) sticht ein dünnes zweischneidiges Messer bis zur vorausbestimmten Tiefe ein und vervollständigt die Durchschneidung, wenn nötig, durch seitliche Bewegungen.

Weitere Versuche könnten, wie mir scheint, zweckmäßig mit mechanischer Messerführung gemacht werden. Dem Messer wäre genau die Gestalt des zu durchschneidenden Areales zu geben; es würde in mehrfacher Wiederholung ganz allmählich bis zur bestimmten Tiefe einzustechen sein, wodurch Quetschung vermieden würde.

Für die Seitenstrang-Kleinhirnbahn haben Marburg[208]) und Bing[40]) methodische Angaben gemacht, beide für Hunde. Ersterer geht zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel ein, entfernt den Wirbelbogen in der Länge von 1—1½ cm, spaltet die Dura in Kreuzform und sticht in der hinteren Längsfurche ein spitzes mit der Schneide kaudalstehendes Messer etwa 2 mm tief ein, dreht die Schneide nach außen und zieht das Messer unter leichter Senkung nach der Seite hin aus. Bing operiert in ähnlicher Weise. Auf die Einzelheiten in der Beschreibung der Schnittführung beider Methoden kann hier nicht eingegangen werden. Bing gibt

*) Die bei meinen ersten Durchschneidungen (vgl. [350])) in manchen Fällen im Vorderstrang stehen bleibenden Zacken konnten durch Anwendung des abgerundeten Messers besser vermieden werden, vgl. [351]).

an, die gewünschten Bahnen ohne Auftreten absteigender Degeneration verletzt zu haben.

2. Absteigende Bahnen sowie Stränge mit auf- und absteigender Leitung.

Auf Grund der Topographie der Leitungsbahnen des Rückenmarks ist es klar, daß es wohl möglich erscheint, die peripher liegenden genannten aufsteigenden Bahnen annähernd isoliert zu treffen, nicht aber die zentraler liegende Pyramidenseitenstrangbahn, wenigstens nicht auf den bisher beschrittenen Wegen der freihändigen Durchschneidung. Schiff[299]) erreichte die letztere Bahn im Halsmark wiederum von der hinteren Längsfurche aus mit einem kleinen dort eingestochenen Starmesser, das dann nach außen gewendet wurde und im Zurückziehen den Pyramidenstrang durchschnitt. Zur Durchschneidung des Vorderstrangs und ventralen Abschnittes des Vorderseitenstrangs führt Rothmann[279]) ein rechtwinklig abgebogenes, zweischneidig geschliffenes schmales Messer im ventralen Teil des rechten Vorderseitenstranges ein, sticht nach links durch und führt nach vorn schneidend heraus. Die Durchtrennung der Vorderstränge des Rückenmarks dicht unter der Pyramidenkreuzung führt Rothmann (briefl. Mitt.) in Anlehnung an die Starlingersche Pyramidenoperation (s. u. unter Medulla) aus. Durch Abpräparieren von Kehlkopf und Speiseröhre nach rechts wird die Membr. obtur. ant. freigelegt, die Dura am vorderen Atlasrand durchtrennt und nun die Vorderstränge mit einer gekrümmten Nadel umstochen und durchrissen, wobei die beiden Arterien unverletzt auf der Nadel zurückbleiben. (Methoden zur Durchtrennung der Pyramiden s. S. 68 u. 69.)

Beim Kaninchen erreichte Steffahny[336]) das Rückenmark zur Durchschneidung vorwiegend absteigender Bahnen (soweit diese isoliert überhaupt zu erreichen sind) ähnlich durch Freilegung des Halsmarks von vorne her. Nach Beiseiteziehen von Karotis und Trachea geht man in der Mittellinie zwischen den Musculi longi colli ein. Schwierigkeiten können die an der Innenwand des Wirbelkanals verlaufenden Venensinus machen. Durch Injektion von der Vena jugularis ext. aus wurde festgestellt, daß diese in der Gegend der Zwischenwirbelscheiben am wenigsten nach vorne reichen, so daß hier am besten zu trepanieren ist (Trepankrone von 4 mm Durchmesser, die Zähne derselben wurden mit Eisenchloridlösung befeuchtet).

e) Längsschnitte.

Bei den Eigentümlichkeiten der Gefäßverteilung im Rückenmark ist es bedauerlicherweise nicht möglich, ganz fehlerfreie Längsschnitte auszuführen, da die unvermeidliche Verletzung unentbehrlicher Gefäße Zerstörungen hervorruft, die beiderseits über die Mittellinie hinausgehen. Selbst bei Anwendung mechanischer Messerführung sind deshalb hier solche Schnitte, wie sie etwa im Kleinhirn erreicht werden konnten, nicht ausführbar. Ausgedehnte Längsschnitte, vom 2. Zervikal- bis zum 1. Dorsalwirbel, führten Porter und Mühlberg[264]) aus freier Hand aus. Die Narkose ist sehr tief zu wählen, der Schnitt wird mit dem Kataraktmesser gemacht. Ich selbst habe in einer Reihe von Fällen bei Katzen und Affen

mit dem Myelotom Längsschnitte von ähnlicher Ausdehnung (5. Zervikal- bis 3. Dorsalsegment) ausgeführt.[351]) Da es auf die Durchschneidung der vorderen Kommissur ankommt, wird als Schnittmuster ein Blechausschnitt von etwa 5 mm Höhe verwendet; das Muster braucht diesmal nicht nach dem Mark selbst gefertigt zu werden. Es war notwendig, die Rinne in den Wirbelbögen so schmal wie nur möglich anzulegen, da sonst die Marksubstanz sich hervordrängte, wodurch Lähmung entstand. Es wurde eine Hohlmeißelzange von 2 mm Breite verwendet. Nach Längsspaltung der Dura besteht die Hauptschwierigkeit im genauen Auffinden der Mittellinie, was schon Grünbaum[120]) betont; es ist zweckmäßig die Lupe zu Hilfe zu nehmen. Zur sicheren Fixierung des Rückenmarks, die schon wegen der Verdeckung des Gesichtsfelds durch Blut nötig ist, genügt nicht einmal eine sehr tiefe Narkose, sondern es sind besondere Vorrichtungen zu verwenden, von denen schon oben die Rede war. Der Vorteil der mechanischen Schnittführung liegt hier in der Möglichkeit, die am unverletzten Mark bestimmte Schnittrichtung einzuhalten und bei Verwendung des abgebogenen Messers den Schnitt nach vorn und hinten unter die der Öffnung benachbarten Wirbelbögen noch zu verlängern; ferner läßt sich vermeiden, daß der Schnitt unnötig tief ausgeführt wird. Kommt es mehr auf das Erhaltenbleiben der einen Seite als die Unverletztheit der andern an, so ist es besser, den Schnitt etwas zur Seite von der Mittellinie auszuführen. Die Dura wird nicht genäht, Muskulatur und Haut werden dicht verschlossen.

f) Besondere Eingriffe am Rückenmark bei Untersuchung der Aktionsströme.

Bei der Untersuchung der Aktionsströme sind von Gotch und Horsley[113]) verschiedene vorbereitende Operationen vorgenommen worden, über die hier noch einiges mitgeteilt sei, soweit nicht die Angaben der vorigen Kapitel schon genügen. Zur Fixierung des Rückenmarks wurde eine an den Proc. transv. angreifende Klemme angebracht, deren Arme wegen der notwendigen elektrischen Isolierung aus Elfenbein bestanden. Um bei Querschnitten des Marks die Zirkulation möglichst intakt zu erhalten, wurde eine Ligatur vorsichtig um das Mark gelegt und nun oberhalb oder unterhalb durchschnitten, je nachdem, ob das Mark in Verbindung mit dem Gehirn oder mit den peripheren Nerven untersucht werden sollte. Durch Hochheben am Schnittende und Durchschneiden der Wurzeln wurde das Rückenmark genügend isoliert. Um den galvanometrischen Effekt in jeder Rückenmarkshälfte getrennt beobachten zu können, wurden Längsschnitte angelegt, an deren Ende das Mark quer durchtrennt wurde. Das freigelegte, aber nicht ligierte Mark wird auf ein kleines Stück erwärmten Kork gelegt, welches eine seichte Furche enthält. Unter Berieselung mit warmer Salzlösung schneidet man mit dem Messer allmählich tiefer und tiefer. Nunmehr wird jede Längshälfte an ihrem Ende umbunden und in die Höhe gehoben. Die Blutung aus dem Schnitt wird durch Einlegen kleiner Stückchen weichen Zunders gestillt. Zur Spaltung in eine vordere und hintere Hälfte wird das freigelegte Rückenmark aufgehoben, ein dünnblattiges Messer durchgestochen und gegen das Querschnittende hin durchgezogen.

4. Eingriffe an der Medulla und dem Hirnstamm.

a) von der Dorsalseite aus.

1. Freilegung der Medulla.

Die Medulla ist am leichtesten von der Membrana atlanto-occipitalis posterior aus zugänglich. Da diese Operation sehr oft die Einleitung zu den folgenden Eingriffen bildet, sei ihre Technik hier vorangestellt. Die Freilegung ist bei allen üblichen Versuchstieren, auch beim Affen, gut ausführbar; sie erfordert eine gute Fixierung des soweit nach vorn gebeugten Kopfes, daß die Stirn senkrecht steht. Nach einem etwa von der Protuber. occip. ext. bis etwa zum zweiten Wirbel reichenden medianen Hautschnitt wird der Trapezius genau in der Mittellinie gespalten, die tiefere längsverlaufende, paarige Muskulatur wird genau in der Mitte stumpf auseinander präpariert und mit Gewichtshaken auseinander gezogen. Die Blutung ist dabei nicht der Rede wert; Massenligaturen der Muskeln, wie sie auch ausgeführt wurden, wird man wohl immer entbehrlich finden. Um den Zugang zu der Membran zu erleichtern, kann man die Muskeln ein wenig von der Protub. occip. und vom vorderen Atlasrand, hart am Knochen schneidend, ablösen. Hat man zuerst das Os occip. freigelegt, so läuft man keine Gefahr, die Membran vorzeitig zu verletzen. Diese selbst wird mit dem Messer am Rande des Hinterhauptknochens eingeschnitten und entfernt, wobei seitlich Vorsicht wegen der Vertebralarterien nötig ist (Grossmann[117]). Bei Dauerversuchen läßt man so viel von ihr stehen, wie möglich, wodurch die Medulla vor Narbendruck völlig geschützt wird. Am bequemsten ist in dieser Weise die Medulla des Kaninchens zugänglich, weniger bei Affen, bei denen die Hinterhauptschuppe stark nach hinten vorspringt, und das Kleinhirn ebenso wie bei Hunden und Katzen die Medulla weiter nach kaudal verdeckt, wie bei Kaninchen. Man kann den Überblick in dreifacher Weise verbessern, durch Entfernung eines Stückes des Atlasbogens (dessen vorderer Rand etwa der Grenze zwischen Medulla und Halsmark entspricht), durch Abtragung der Hinterhauptschuppe, soweit es ohne Verletzung des Sinus (vgl. Fig. 24 für den Hund) möglich ist, und schließlich durch ein Verschieben des Kleinhirns nach vorne. Der erstere Eingriff bedarf keiner besonderen Besprechung; bei dem zweiten ist gegen Blutungen, die z. B. bei der Katze beträchtlich sein können, Wachs anzuwenden; das Kleinhirn endlich wird mit einem aus biegsamem Blech passender Breite gefertigten spatelartigen Gewichtshaken, der in seiner Form dem Schädeldach angepaßt ist, nach vorn und oben gezogen. Das Gewicht hängt vorne herab. Bei diesem Verfahren wird die Medulla nicht durch Blut verdeckt, was ein Nachteil bei der Abtragung des Kleinhirnwurmes (etwa durch Absaugen) ist. Bei Dauerversuchen wird die Muskulatur in zwei Etagen verschlossen; während in der Tiefe wenige Fäden genügen, ist in der obersten Lage dichte Naht empfehlenswert.

2. Querschnitte.

Über die Methode genau halbseitiger Querschnitte ist hier nach dem für das Rückenmark Erörterten nicht mehr viel hinzuzusetzen. Mit Hilfe

des gerade hier sehr zweckmäßigen Bajonettmessers (s. o.) kann man die Schnitte auch recht weit vorn, unter dem Kleinhirn ausführen, ohne eine zu breite Eröffnung, die für Dauerversuche nicht vorteilhaft ist, vornehmen zu müssen. Die Mittellinie ist hier leicht zu sehen, mit Ausnahme an den kaudalen Partien der Medulla. Im übrigen ist das oben für das Rückenmark, besonders über die Atmung und die Schonung der basalen Gefäße Gesagte nachzusehen. Es ist noch der Rat zu geben, den Schnitt zunächst in der Mitte und nach ventral hin vollständig zu machen, und nach der Seite erst nachher vorzugehen, weil es von dorther eher zu Blutung kommt, welche nicht mehr schadet, wenn der Schnitt schon fertig ist. Sie steht bald auf vorsichtiges Auflegen von Watte und kann überhaupt vermieden werden, wenn man nicht unnötig weit zur Seite vorgeht.

Weiter kommen in dieser Gegend totale Querschnitte in Betracht. Die einmalige Durchschneidung ist nach dem oben für das Rückenmark und für den halbseitigen Medullaschnitt Gesagten auszuführen; selbstverständlich ist sofort künstliche Atmung einzuleiten. Warmhaltung der Tiere darf nicht versäumt werden.

Besondere Maßnahmen sind nötig, wenn etwa zur Feststellung der Grenzen von Zentren mehrere parallele Schnitte ausgeführt werden müssen. Diese Aufgaben waren es vorwiegend, welche Ludwig und seine Schüler zur Konstruktion der mechanischen Messerführung veranlaßten. Dittmar[68]) legte am Kaninchen die Medulla ausgiebig frei, indem er den Knochen bis zum hinteren Winkel des Os interparietale (Fig. 21) wegnahm und das Kleinhirn nach oben schob. Die schon beschriebene Schlitzvorrichtung wurde so über der Medulla befestigt, daß die Längsachse derselben senkrecht zur Sagittalebene des Tierkörpers steht. Durch Verschiebung des Schlitzes kann der Schnitt nacheinander an verschiedenen Stellen ausgeführt werden (Fig. 12).

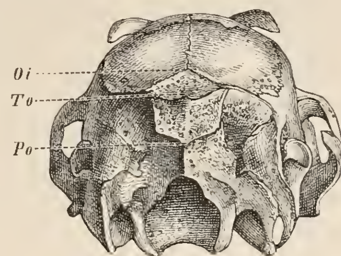


Fig. 21.
Schädel von hinten. *Oi* Vorderes Ende des Os interparietale. *To* Tuberculum occipitale. *Po* Protuberantia occipitalis externa. (Nach Krause.)

Zum gleichen Zwecke kann das Myelotom (s. S. 38) sehr gute Dienste leisten. Ein Schnittmuster wird nicht verwendet; das Messer ist bajonettförmig und rund, der Apparat wird quer zur Längsachse des Marks aufgestellt. Da er hier nur zur Festlegung der Schnittebene dient, kann man sich die Durchschneidung der Seitenteile des Marks sehr in folgender Weise vereinfachen. Im oberen Teil des Parallelogramms werden die Schrauben b b[1] (Fig. 16) gelöst und die obere Gabel zurückgelegt. Hierauf ist das Messer zwar auch nur in einer Ebene beweglich, aber nicht nur parallel verschieblich, sondern um die entsprechenden Schraubenspitzen der unteren Gabel drehbar, so daß man leicht unter den überstehenden Knochen zur Seite des Marks gelangen kann. Die Schraube C gestattet eine Parallelverschiebung der Schnittebene um beliebige Beträge, deren Größe man in einfacher Weise am Schraubenkopf bestimmen kann, wenn die Höhe des Schraubengangs gemessen wird. Vor der Dittmarschen Methode hat die hier beschriebene besonders den Vorzug der leichten Beweglichkeit des Messers. Da das Mark nach dem ersten Schnitte etwas den Halt verliert,

empfiehlt es sich, die Schnitte mit mehreren kleinen kreisförmig geführten Einzelschnitten auszuführen.

3. Längsschnitte.

Die Längsdurchschneidung der Medulla wurde von Kreidl[173]) (Katze, Hund), Langendorff[185]) (Kaninchen) und Economo[74]) aus freier Hand mit dem Gräfeschen Messer vorgenommen; die Raute wurde vorn dorsal freigelegt oder es wurde (Kreidl) das Schädeldach in größerer Ausdehnung abgetragen und in raschem Tempo Hinterhauptslappen und Kleinhirn entfernt und nun die Medulla gespalten. Die eintretende profuse Blutung führte bei letzterem Verfahren gewöhnlich zu raschem Tode.

Bei Verwendung der mechanischen Schnittführung würde man unter anderem den Vorteil haben, beliebig weit unter das stehenbleibende Kleinhirn unterschneiden zu können.

Hier ist noch die Methode Rothmanns[278]) zur Durchtrennung der Pyramiden beim Affen zu erwähnen. Da bei diesem Tier die Operation von der Ventralseite aus (s. u.) nach Rothmann schwierig ist, wird nach Freilegung der Medulla von der Dorsalseite etwa am Kleinhirnende in die Mittellinie eingestochen, das Messerchen bis zum Atlasrand durchgezogen und so die Pyramidenkreuzung durchtrennt. Da beim Affen die Art. basil. sich bereits am unteren Ende der Brücke in die beiden Vertebrales teilt, sind Verletzungen größerer Arterien nicht zu befürchten. Nach dem ungünstigen Verlauf eines der weiteren Versuche Rothmanns[280]) ist aber zu empfehlen, ein abgerundetes Messer zu verwenden.

4. Ausschaltung begrenzter Teile der Medulla.

Die Hinterstrangkerne wurden u. a. von Mott[225]), Turner[355]) (beide am Affen), und Tschermak[353]) (an der Katze) entfernt. Die Medulla wird von dorsal her freigelegt. Zur Entfernung der Substanz wendet Mott ein kleines winklig abgebogenes Messer an, Turner die galvanokaustische Methode; Tschermak umschneidet die zu exstirpierenden Massen und trägt sie mit feiner Scherenpinzette ab. Auf die Verwendbarkeit des Absaugens sei hier noch hingewiesen.

Gad und Marinescu[103]) benutzen für ganz zirkumskripte Zerstörungen am Boden des vierten Ventrikels ihre schon oben (S. 41) erwähnte Methode. Zu ähnlichen Zwecken verwendete Fraser[95]) die galvanokaustische Zerstörung.

Besondere Beziehungen hat eine Stelle am Boden des vierten Ventrikels zum Zuckerstoffwechsel. Die Verletzung dieser Stelle, welche von Zuckerausscheidung im Harn gefolgt ist, wird meist als Zuckerstich*) bezeichnet. Die Stelle (Vaguskern) ist ungefähr durch die Ursprungshöhe der Nervi acustici und vagi begrenzt und hat nach der Zeichnung von Eckhard[69]) am Kaninchen eine Länge von ca. 12 mm, eine Breite von 5 mm, berührt die

*) Da die Deutung dieses Eingriffs als Reiz- oder Zerstörungsmaßnahme unsicher ist (Lewandowsky[198])), zog ich es vor, den Zuckerstich hier aufzuführen.

Mittellinie und ist mit ihrem hinteren Ende etwa 5 mm vom Calamus scriptorius (hinteres Ende der Rautengrube) entfernt.

Die Operation wird meist am Kaninchen ausgeführt.*) Nach den Angaben der Autoren darf nicht narkotisiert werden, da der Stich sonst wirkungslos bleibt. Der Zucker tritt im Harn erst nach ½—2 Stunden auf (Eckhard[69]), Bang[9])). Der Eingriff wird mit oder ohne Freilegung der Medulla ausgeführt. In letzterem Fall wird nach der Beschreibung von Cyon[64]) ein pfriemenähnliches Instrument (s. Fig. 22) dicht hinter der Prot. occip. (s. Fig. 21) eingestoßen und die Spitze so gerichtet, daß sie die Verbindungslinie der beiden Gehörgänge kreuzt. Das Instrument wird durch das Kleinhirn bis zur Basis eingeführt. Die besondere Form des Instruments hat den Zweck, daß die Schneide nur bis in die Mitte der Medulla gelangen kann (Cyon[64])).

Eckhard[69]) verbesserte die Methode durch Vorgehen von der freigelegten Medulla aus. Nach Eröffnung der Membr. atlant.-occip. (vgl. S. 66) wird eine Starnadel bis zu einer an ihr angebrachten Marke gegen den vierten Ventrikel hin vorgeschoben und die schon oben angegebene Stelle nicht unter einen Millimeter tief verletzt. Der Diabetesstich hatte in dieser Form stets positiven Erfolg.



Fig. 22. Messer für den Zuckerstich. (Hdb. d. Physiol. v. Nagel 4, 355.)

Bei Verletzung anderer Stellen der Medulla wird nach Eckhard[73]) Hydrurie erzielt. Für diese Untersuchungen ist die Bloßlegung des Operationsfeldes, wiederum ohne Narkose, notwendig. Der vierte Ventrikel wird vorn dorsal so weit freigelegt, daß die runden Stränge und die Alae cinereae klar zu übersehen sind. Nach der Freilegung folgt eine Ruhepause von ½—1 Stunde. Die Gegend der Funiculi teretes wird nicht zu weit zur Seite verletzt. Der Harn wird durch Auspressen der Blase (weibliche Kaninchen) gewonnen**).

b) von der Ventralseite aus.

1. Durchschneidung der Pyramiden.

Nach Starlinger[333]) ist die Pyramide am Hunde am besten kaudal vom Trapezkörper zu durchschneiden, da sie hier noch oberflächlich liegt. Die Stelle entspricht dem mittleren Drittel des Clivus des Os basilare (Fig. 23).

Die Haut wird in der Mittellinie des Halses 4—5 cm oberhalb und ebensoviel unterhalb des Kehlkopfes durchschnitten, und seitlich von Ösophagus und Kehlkopf bis auf die tiefen Halsmuskeln stumpf präpariert. Hinderliche Gefäße und Nerven werden durchschnitten und unterbunden. Von dem durchfühlbaren Tuberc. ant. des Atlas werden rechts und links die inserierenden Muskeln abgeschoben und die Membrana obtur. ant. freigelegt. Wegen eines dem vorderen Rande des Foramen occip. entlang laufenden Sinus ist der Weg von diesem Rand aus nicht gangbar. Nach Abschieben der Muskeln vom Os basil. wird dieses mit einem Trepan von 7—8 mm Durchmesser, dessen Rand 1—2 mm vom Knochenrand entfernt bleibt, angebohrt, wodurch man ohne nennenswerte Blutung zur Medulla gelangt. Man sieht in der Mitte die Art. basil. (Fig. 19) und seitlich davon die Pyramiden, die mit einem Messerchen einzeln durchtrennt, oder mit einer Nadel zusammen umstochen und durchrissen werden. Schluß der Wunde durch Hautnaht. Werden die Tiere gleich nach dem Versuch getötet, so kann man sich nach Hering[132]) den Zugang durch Einsetzen einer Trachealkanüle und Zu-

---

*) Über Zuckerstich bei Vögeln s. Bernhardt[28]).

) Über Katheterisieren vgl. Ritzmann, A. f. exp. Path. u. Pharm. **61, 1909, 233.

rückschlagen des Kehlkopfes und Ösophagus (kopfwärts) erleichtern. Wertheimer und Lepage[363]) unterbinden bei Reizversuchen die Basilararterie doppelt und entfernen das dazwischen liegende Stück, wodurch das eigentliche Operationsfeld zugänglich wird.

Bei der Schwierigkeit, auf diesem Wege totale Pyramidenausschaltung ohne Verletzungen der Olive und Schleife zu erhalten, zieht es Rothmann[278]) vor, die Pyramiden in der Kreuzung selbst zu durchtrennen. Hier spaltet sich gerade die Art. bas. in zwei Äste, so daß die ventrale Mittellinie freibleibt, in der man die Kreuzung mit einer Nadel durchreißt. Man gelangt an die Operationsstelle von der Membr. obtur. ant. aus, deren Freilegung schon besprochen wurde. Schüller[305]) hält dagegen die Bedenken Rothmanns nicht für berechtigt. Am Hunde geht er nach der Methode von Starlinger vor, verwendet zur Verletzung aber ein feines Messerchen. Beim Affen nimmt Schüller eine temporäre Tracheotomie vor und trepaniert den vorderen Atlasbogen und den Zahnfortsatz des Epistropheus.

Über Pyramidendurchtrennung beim Affen auf anderem Wege vgl. ferner S. 68.



Fig. 23.

Schädelbasis des Hundes. ($^2/_3$ natürl. Größe.)
≡ Brücke. ◯ Hypophyse. ✕ Chiasma.

2. Durchschneidung des Trapezkörpers.

An das beschriebene Verfahren Starlingers schließt sich dasjenige von Tschermak[354]) zur Durchschneidung des Trapezkörpers bei der Katze eng an. Nach entsprechender Freilegung der Schädelbasis wird zwischen den Bullae osseae trepaniert. Es können dann Operationen in der Gegend von den Pyramiden bis zu den Hirnschenkeln vorgenommen werden. Eine ausführliche Beschreibung dieser Methode gibt Keller[162]). Es sei noch erwähnt, daß eine an der Grenze des vorderen und mittleren Drittels quer über die Bulla ossea verlaufende Vene nach doppelter Unterbindung zu durchschneiden ist.

3. Durchschneidungen in der Brückengegend.

Zur Freilegung der Brücke haben Karplus und Spitzer[161]) eine an Katzen, Hunden und Affen anwendbare Methode ausgearbeitet, bei welcher von der Mundhöhle aus vorgegangen wird.

Die Tiere werden in Rückenlage befestigt, bei Hunden und Katzen wird ein Kopfhalter mit Maulsperrer, bei Affen eine Fixierung des Unterkiefers und Abwärtsziehen des Oberkiefers mittels Gewicht angewendet. Durch die Zungenspitze wird ein Faden geführt und nach oben gezogen. Nach Reinigen der Mundhöhle wird der weiche Gaumen unter Schonung der Uvula in der Mitte gespalten, die Hälften durch Fäden zur Seite gezogen. Schleimhaut und Periost des Rachendaches werden in der Mittellinie getrennt, das vordere Schnittende liegt vor der Tubenmündung. Stärkere Blutungen werden mit Wattetampons behandelt, die in ziemlich konzentrierte warme Gelatinelösung getaucht sind. Mit Kniestückbohrer werden drei kleine Lücken in den Knochen gemacht, die vordere liegt in der Mittellinie, etwas hinter der Tubenquerebene, die beiden anderen weiter rückwärts rechts und links mehrere Millimeter seitlich von der Mittellinie. Die drei Öffnungen werden mit Hammer und Meißel vereinigt. (Auch kann eine einzige Öffnung mit passendem Bohrer erweitert werden.) Nach Eröffnung der Dura sieht man die Art. basil. pulsieren; man orientiert sich an den Rändern der Brücke, deren sagittaler Durchmesser bei Katzen etwa 9 mm beträgt. Große Sorgfalt wurde auf den exakten Verschluß der Knochenöffnung gelegt; für große Öffnungen fanden Plomben aus Guttapercha (amerikanisches Präparat der Zahnärzte) Verwendung: der Knochenrand wird mit einem kleinen Galvanokauter getrocknet, die aus erwärmtem Guttapercha geformte Plombe eingeführt, worauf nochmals mit dem Galvanokauter dem Knochenrand entlang zu fahren ist. Die Plombe wird über ihre Ränder hinaus mit einer Lösung von Guttapercha in Chloroform bestrichen. Nach Trocknen wird die Naht ausgeführt. Bei kleinen Löchern wurde eine Jodoform-Knochenplombe oder ein in Mastixlösung getränkter Wattepfropfen angewandt.

5. Ausschaltung der höheren Hirnteile bis zur Medulla

In diesem Abschnitt handelt es sich um Eingriffe, die in der Regel zur Untersuchung der Ateminnervation angestellt wurden und bei denen entweder die wichtigen Zentren der Medulla intakt blieben oder ebenfalls ausgeschaltet wurden. In letzterem Falle wird mithin ähnliches erzielt, wie durch die schon aufgeführten Methoden zur Ausschaltung des ganzen Gehirns. Hier handelt es sich aber darum, daß man mehr oder weniger nach Belieben die Medulla unversehrt lassen kann oder nicht, so daß es vorzuziehen war, die hierzu geeigneten Eingriffe für sich zusammenzustellen.

1. Schnittmethode.

Am einfachsten wird eine Ausschaltung der höheren Hirnteile in wechselnder Höhe durch einen Querschnitt im Hirnstamm ausgeführt, so daß auf das entsprechende Kapitel (S. 67) verwiesen werden kann. Es sei noch hinzugefügt, daß Langendorff[186]) und Lewandowsky[196]) beim Kaninchen das Großhirn, die Sehhügel und Vierhügel direkt entfernten, nachdem sie die Schädelhöhle von oben her in möglichst großer Ausdehnung eröffneten. Über die Abtrennung in der Vierhügelgegend vgl. S. 78.

2. Emboliemethode.

Da es für viele Fragen wichtig ist, die Ausschaltung unter Vermeidung der möglichen Schnittreize vorzunehmen, hat Marckwald[209]) in Kroneckers

Laboratorium eine Emboliemethode ausgearbeitet, die von ihm sowie von Asher und Lüscher[5]) angewandt wurde. Die vorliegende Beschreibung hält sich vorwiegend an die Arbeit der letzteren. Es wird von der Karotis aus in die Hirngefäße eine durchgekochte Mischung von Öl und Paraffin, welche bei 40—41° C gleichmäßig erstarrt, injiziert. Die Masse wird mit Fuchsin gefärbt, wodurch sich das Injektionsgebiet gut hervorhebt, besonders nach Alkoholhärtung des Gehirns. Je nach der injizierten Menge wird ein größerer oder kleinerer Bereich des Gehirns ausgeschaltet*).

Nach Tracheotomie wird die Teilungsstelle der Carotis communis aufgesucht, etwas oberhalb davon die Car. ext. unterbunden und die Car. int. mit Klemme verschlossen. In die Car. comm. wird die Kanüle einer Beckschen Mikrosyringe**), mit welcher sich sehr kleine Flüssigkeitsmengen genau ablesen und einspritzen lassen, eingebunden. Zur Ausschaltung von Großhirn, Mittelhirn und Medulla wird der 0,4 ccm betragende Inhalt der Spritze durch einen raschen, aber nicht zu gewaltsamen Stempelstoß injiziert; bei etwas größeren Tieren empfiehlt sich auch die Abbindung der Car. comm. der anderen Seite. Wird nur die Ausschaltung von Groß- und Mittelhirn beabsichtigt, so werden nur 0,2—0,1 ccm injiziert, und zwar etwas abgestufter als vorher. Die genauere Begrenzung der Ausschaltung läßt sich nicht ganz nach Belieben beherrschen, sondern ist etwas dem Zufall überlassen.

Scheven[295]) mischt Paraffin mit Paraff. liquid. auf einen Schmelzpunkt von etwa 41° C. Das Gemisch wird mit Alkannin gefärbt (Blaufärbung in alkalisch gemachtem Alkohol, in welchem die Gehirne aufgehoben wurden). Die Lösung wurde in das periphere Ende der Carotis commun. eingespritzt; dementsprechend waren etwas größere Mengen, 0,5—0,75 ccm zur vollständigen Injektion der Hirngefäße und statt der Mikrosyringe eine gewöhnliche (metallene) Pravazspritze nötig. Mit 0,25—0,3 ccm ließen sich in einzelnen Versuchen allein die Großhirnhemisphären ausschalten. Am Hunde konnten durch schnelles Einspritzen von 1,5—2 ccm der Flüssigkeit von der Carotis commun. aus die Gefäße der Hirnbasis vollständig injiziert werden.

6. Kleinhirn.

a) Vollständige Entfernung.

Die Methode zur vollständigen Entfernung des Kleinhirns ist von Luciani[206]), Munk[235]), Lewandowsky[197]) (und anderen) etwas verschieden angegeben worden; bei der Schwierigkeit des Eingriffs seien hier mehrere der Verfahren berücksichtigt und zunächst die Operation der Freilegung des Kleinhirns geschildert.

Das Kleinhirn wird in der Regel vom Nacken aus in Angriff genommen: der Kopf wird am besten mit der Schnauze abwärts stark gebeugt in den

*) Die Gefäßverteilung an der Gehirnbasis von Katze und Kaninchen ist der Arbeit von Marckwald[209]) zu entnehmen. (Vgl. auch Hofmann[140])). Es ist hervorzuheben, daß nach ersterem im allgemeinen Großhirn, Mittel- und Kleinhirn, Brücke und Nachhirn aus getrennten Gefäßstämmen versorgt werden, zwischen denen keine Anastomosen liegen. Somit läßt sich die gesonderte Ausschaltung einzelner Hirnabschnitte erreichen.

**) Beck, Illustr. Monatsschr. d. ärztl. Polytechn., Jahrg. 6 und 7. 1884—5. Abbildung bei Marckwald; vgl. auch die Abbildung eines ähnlichen Zwecken dienenden Instrumentes bei Singer[322]).

oben beschriebenen Haltern eingespannt, bei denen die ganze Nackenregion völlig frei bleibt. Der Hautschnitt wird median etwas vor der Protub. occip. beginnend bis zum 2. Halswirbel angelegt. Das Hinterhaupt und die Membrana atlanto-occipitalis werden in der gleichen Weise freigelegt, wie es oben für die Operationen an der Medulla beschrieben wurde (S. 66). Nur sind die Muskeln mehr von der Prot. occip. und Linea semicirc. zu entfernen, was durch Einschneiden der Ansätze mit der Schere, die gegen den Knochen zu richten ist, und Abhebeln geschieht. Bei einseitigen Kleinhirnexstirpationen ist es sehr zweckmäßig, nach Russel [87]) die Muskulatur beiderseits ganz symmetrisch loszulösen, damit die durch die Nebenumstände der Operation etwa bedingte Beeinträchtigung der Funktion auf beiden Seiten gleich ist. Die ebenfalls freigelegte Membr. atl.-occ. wird eingeschnitten und von dieser aus mit der Hohlmeißelzange die Okzipitalschuppe in möglichster Ausdehnung ohne Duraverletzung entfernt. Nach oben darf man beim Hunde ohne weiteres nur bis zum Quersinus herangehen, der bei diesem Tier im Knochen selbst eingelagert ist*). Seine Topographie gibt Fig. 24 wieder, in welcher der Verlauf des Sinus auf der linken Seite dunkel eingetragen ist. Beim Affen bestehen die Verhältnisse wie beim Menschen, es kann deshalb der Knochen ausgiebiger entfernt, sowie die Sinusunterbindung vorgenommen werden (s. u.).



Fig. 24.
Okzipitalteil des Hundeschädels. Links ist die Lage des Transversalsinus mit Tusche auf den Knochen aufgezeichnet. ($^3/_5$ nat. Gr.)

Nach Entfernung der Dura nimmt Luciani bei Affen und Hunden zunächst den Mittellappen in Angriff. Mit einem Gräfeschen Messer wird letzterer durch zwei seitliche, bis zu $^2/_3$ Tiefe des Kleinhirns reichende Längsschnitte von den Seitenteilen getrennt, und die Wurmteile mit einem scharfen Löffelchen sukzessive entfernt. Vor Eröffnung der Rautengrube werden erst die Seitenteile ausgelöffelt, und zwar die äußersten Partien derselben erst nach Durchschneidung der Kleinhirnstile mit der Schere. Erst zuletzt werden die tiefsten Kleinhirnteile entfernt und die Rautengrube freigelegt.

Munk beseitigt zuerst die Hemisphären; der scharfe Löffel wird nicht verwendet. Mit dem Messer geht Munk den seitlichen Rand des Wurms entlang an der hinteren Seite des Tentoriums bis zu dessen Ende vor und trennt durch einen bis zur Höhe des Kleinhirnstils senkrecht zur

*) Eine Überschreitung des Sinus kann aber nach der Methode von v. Rynberk (s. S. 75) ausgeführt werden.

Oberfläche, danach ein wenig schief nach unten außen geführten Schnitt die Hemisphäre ab. Mit einem dünnen breiten Stäbchen wird von der Schnittstelle aus die Hemisphäre nach außen und hinten gedrückt, wodurch sie, gewöhnlich als ein ganzes, am seitlichen Rande der Schädelöffnung herausbefördert wird. Nach gleicher Behandlung der zweiten Hemisphäre geht man mit zwei Stäbchen an der Konvexität des Wurms entlang, bis man sein vorderes Ende erreicht hat. Auf allmählichen Druck nach hinten oben zerreißt das Marksegel, worauf der ganze vordere Teil des Wurms nach hinten und etwas zur Seite zurückgeschlagen und mit der Schere abgetrennt werden kann. Der hintere Teil des Wurms wird durch Emporheben mittels untergeschobenen Stäbchens und beiderseitiges Einschneiden des Stilrestes (Schnittrichtung etwas schief nach außen oben) beseitigt.

Lewandowsky wendet bei Hunden (auch Katzen, Kaninchen und Affen) eine Vereinigung von Auslöffelung und Absaugung an; für das weiche Kaninchenhirn genügt sogar die letztere Methode. Nach Beendigung der Operation wird gegen die Blutung zunächst ein loser Wattetupfer eingelegt.

Nach Ferrier und Turner[87]) kann bei Affen der Lateralsinus auf der einen Seite ligiert und durchschnitten werden.

b) Halbseitige Entfernung.

Die Entfernung der ganzen einen Kleinhirnhälfte beginnt Luciani[206]) mit einem tiefen Einschnitt in der Mittellinie mit dem Gräfeschen Messer. Hierauf wird die eine Hälfte ausgelöffelt, wobei die völlige Freilegung der Raute wieder zuletzt vorgenommen wird. Munk[235]) eröffnet den Schädel über dem Wurm und der einen Hemisphäre, entfernt diese ebenso, wie bei der Totalexstirpation, durchschneidet vom hinteren Ende des Wurms her den Rest des gleichseitigen Kleinhirnstils und schneidet den Wurm (wenn dieser nicht ganz stehen gelassen wird) von der Konvexität aus gegen das an seine untere Fläche angelegte Stäbchen glatt durch, wobei die vordersten Teile undurchschnitten bleiben.

c) Entfernung einzelner Teile.

Für die Exstirpation des Wurms trennt Luciani[206]) den Mittellappen zunächst von den seitlichen Teilen durch zwei Schnitte mit dem Gräfeschen Messer, wie oben bei Besprechung des Totalexstirpation geschildert wurde. Mit einem scharfen Löffelchen werden dann sukzessive die Teile des Wurms entfernt, von der Oberfläche vorgehend. Der Rest wird mit der Schere entfernt, die unter Aufheben des hinteren Wurmendes die Trennung von den Seitenlappen vervollständigt.

Neuerdings hat v. Rynberk[288, 289]) am Hunde umschriebene Teile des Kleinhirns entfernt, wobei er sich in der Nomenklatur an Bolk[48]) anschließt (Fig. 25).

Der an der Oberfläche des Vorderwurms gelegene Lobus simplex ist von hinten nicht zugänglich. Es wird unmittelbar vor der Linea semicircularis in der Medianlinie eine große Knochenöffnung angelegt, die Dura neben und parallel dem Longitudinalsinus eingeschnitten, die Großhirnhemisphären mit Spateln zur Seite geschoben. Die das beim Hund knöcherne Tentorium bedeckende Dura wird entlang der Vena magna Galeni eingeschnitten, letztere nach Loslösen zur Seite geschoben. Im Tentorium wird mit Zange

und Schere eine Lücke angelegt und die Kleinhirnsubstanz an der gewünschten Stelle mit dem scharfen Löffel entfernt. Während der Läsion selbst ist die topographische Orientierung schwierig.

An die Crura des Lob. ansiformis gelangt v. Rynberk[289]) unter Durchtrennung des Sinus. Die Okzipitalschuppe wird links und zum Teil auch rechts breit freigelegt, die Muskelblutungen mit Wattetamponade behandelt; die linke Linea nuchae sup. wird durch Loslösen der Insertion des Temporalmuskels freigelegt und auf der linken Seite eine weite Knochenlücke bis an die Linea nuchae hergestellt. Mit einer starken gekrümmten Knochenschere wird von hier aus mit zwei Schnitten ein Knochendreieck ausgeschnitten, dessen Spitze nach vorn liegt, während die Seiten die Linea nuchae überschneiden und somit den Sinus eröffnen ([289] Fig. 3). Mit zwei weichen Klumpen Wachs werden diese beiden Öffnungen sofort verschlossen und mit Watte tamponiert. Nach einigen Minuten wird mit reichlich Wasser gewaschen und so das Operationsfeld freigelegt. Die Knochenlücke wird nach Bedarf unter Orientierung nach dem Gehirn erweitert, worauf der gewünschte Hirnteil mit dem scharfen Löffel exstirpiert werden kann*).

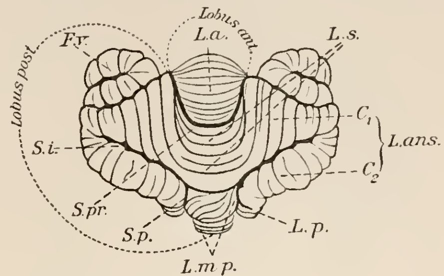


Fig. 25.
Das Kleinhirn des Hundes, nach Bolk. *L. a.*, Lobus anterior: *L. s.*, Lobulus simplex; *L. ans.*, Lobulus ansiformis; *C. 1*, Crus primum; *C. 2*, Crus secundum; *L. p.*, Lobulus paramedianus; *F. v*, Formatio vermicularis; *L. m. p.*, Lobulus medianus posterior: *S. pr.*, Sulcus primarius; *S. i.*, Sulcus intercruralis; *S. p.*, Sulcus paramedianus.
(Aus Tigerstedt, Lehrb. d. Physiol.)

Der Flocculus cerebelli, welcher von Muskens[236]) exstirpiert wurde, ist in seiner Knochenkapsel beim Kaninchen von oben her unschwer zu erreichen. Über seine Lage orientiert Fig. 31. Die hier sehr harte Knochendecke wird mit spitzer Knochenzange nach Beiseiteschieben der Muskulatur eröffnet und der Flocculus stumpf herausgehoben. Am Affen durchschnitten Ferrier und Turner[88]) den Stil des Flocculus cerebelli in der bei den Akustikusoperationen (S. 104) geschilderten Weise.

Für andere partielle Exstirpationen wird man im vorigen genügend Anhaltspunkte finden (vgl. u. a. auch Marrassini[210])).

Über die schönen Versuche von Horsley und Clarke[143]), welche die Binnenkerne des Kleinhirns auf elektrolytischem Wege zerstörten, ist die Methodik den allgemeinen Teilen (S. 42 und S. 111) zu entnehmen.

d) Längsdurchschneidung.

Eine genaue Längsspaltung des Kleinhirns in zwei Hälften stößt, wie zum Teil aus schon Gesagtem hervorgeht, auf große Schwierigkeiten. Besonders beim Hunde steht die schwere Zugänglichkeit des Organes, welche besonders durch den im knöchernen Tentorium verlaufenden Sinus bedingt ist, dem Eingriff hinderlich im Wege. Die Spaltung wurde freihändig oder mit mechanicher Schnittführung versucht.

*) Die anatomischen Ergebnisse dieser Operationen sind der Arbeit von Binnerts[41]) zu entnehmen.

Wegen der bisher mit dem freihändigen Verfahren gemachten Versuche kann auf meine frühere Zusammenstellung verwiesen werden ([348, 349]). Hier seien nur einige technische Angaben hervorgehoben.

Luciani[206]) schnitt in die Mittellinie des Kleinhirns mit dem Graefeschen Messer ein, drängte darauf die beiden Schnittflächen mit kleinen Schwämmchen auseinander und vervollständigte die Spaltung in den tieferen Schichten durch ein Häkchen. Die erreichte Zerstörung erstreckte sich hierbei aber zuweit in die Substanz des Wurmes. Bei Affen gingen Ferrier und Turner[87]) wiederum vom Okzipitalpol des Großhirnes aus, unterbanden den Lateralsinus und legten nach Spaltung des Tentoriums den Mittellappen des Kleinhirns frei. Die Autoren berichten zwar über die Vollständigkeit der Durchschneidung, nicht aber über den Zustand der an den Schnitt angrenzenden Teile.

Gegenüber dem freihändigen Verfahren habe ich die Durchschneidungen mit dem Prinzip der mechanischen Schnittbegrenzung vorgenommen ([348, 349]). Die Ergebnisse wurden hinsichtlich der Exaktheit der Durchschneidung anatomisch kontrolliert und sind den angegebenen Arbeiten, besonders der zweiten, zu entnehmen. Hiernach lassen sich besonders beim Hunde in der Tat sehr feine Schnitte ohne Nebenverletzungen erzielen. Daß im übrigen auch bei diesem Verfahren nicht ein Versuch wie der andere ausfällt, braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden, es ist dies bei der Schwierigkeit der Aufgabe einstweilen nicht anders zu erwarten. Der Hauptwert ist jedenfalls weniger darauf zu legen, daß der Schnitt nicht zu tief reicht, da sich hierbei keine bemerkbaren Symptome ergeben, als daß ein Schnitt von möglichst linearer Breite erzielt wird*).

Die allgemeinen Prinzipien der Methode sind oben schon besprochen worden. Der Kopf des Hundes wird mit der Gaumen- und der Sagittalebene senkrecht eingestellt. Die freigelegte Membrana atl.-occ. wird nur am Rande des Okziput eingeschnitten, und von hier ausgehend in den Knochen mit einer 2 mm breiten Knochenzange eine ebenso breite Rinne genau in der Mittellinie angelegt, die bis an den Sinus (Fig. 24) reicht. Die Rinne ist danach etwa 15 mm lang (bei mittelgroßen Hunden). Die Dura wird ebenfalls genau in der Mittellinie gespalten. Die Methode gestattet nun, von dieser kleinen Öffnung aus das ganze Organ zu durchschneiden. Auf die Art und Weise der richtigen Einstellung von Schnittmuster und Messer kann hier nicht eingegangen werden. Es sei hingegen erwähnt, daß die Durchschneidung zum Teil mit einem geraden Messer durchgeführt wird, so weit, bis dessen Stil an den Knochenrand vorn anstößt; darauf wird ein gleichlanges abgebogenes Messer eingesetzt und mit diesem unter den Knochen bis an das Tentorium unterschnitten (vgl. [349])). (Die Fig. 14 gibt die gegenseitige Anordnung der Apparatteile annähernd in der Stellung wieder, wie sie bei der Kleinhirnoperation erforderlich ist.)

e) Die Kleinhirnstile.

Die Verbindungen des Kleinhirns mit dem Hirnstamm, an denen bekanntlich drei „Schenkel" unterschieden werden, sind nur schwierig zugänglich; es liegen aber methodische Angaben für die verschiedenen Versuchstiere vor.

Nach Curschmann[62]) sind am Kaninchen der vordere und hintere Schenkel, die sich beim Übergang in das Kleinhirn in einen Strang zusammenlegen, dem sich außen der Brückenschenkel anlegt, nicht isoliert zu

*) Da bei Affen der gleichen Art die individuellen Variationen von Größe und Form des Kopfes sehr gering sind (Horsley und Clarke[143])), würden sich diese Tiere zu solchen Operationen weit mehr eignen, als Hunde.

durchtrennen, und auch beim Brückenschenkel gelingt dies nur äußerst schwierig. Nach Freilegung der Membr. obtur. (S. 66) wird auf der einen Seite noch ein Stück Hinterhauptschuppe weggenommen. In dem Winkel zwischen dem hinteren Teil der Kleinhirnhemisphäre und dem Seitenteil des Wurms (Fig. 26 a und c) sieht man das Tuberculum acusticum (b), vor welchem unmittelbar die Kleinhirnstile liegen. Sie können durch ein zwischen Tuberculum und Hemisphäre eingeschobenes schmales Messer getroffen werden. Der Brückenschenkel ist nur schwer zu erreichen, der Weg von der Seite ungangbar.

Für den Hund liegen Angaben von Bechterew[14]) vor, welche allerdings die zu ergreifenden Maßnahmen nicht in allen Einzelheiten genügend erkennen lassen. Es handelt sich nicht um möglichste Freilegung der Stile, sondern um Vorschieben besonderer Messer von der Membrana obturatoria oder von Öffnungen des Hinterhauptes aus. Jedenfalls dürften erfolgreiche Versuche nur nach Studium der Schilderung des Autors in allen Einzelheiten und wohl auch nur nach ausreichender Einübung möglich sein, so daß hier von näheren Angaben abgesehen werden muß.

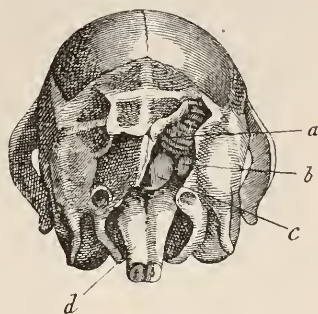


Fig. 26.
Situs für Durchschneidung des Kleinhirnstils am Kaninchen (nach Curschmann).
a Hemisphäre; *b* Tuberculum acusticum; *c* Vermis; *d* Medulla.

Beim Affen konnten Ferrier und Turner[87]) den vorderen und mittleren Stil nach Entfernung des Okzipitallappens des Großhirns und Spaltung des Tentoriums (ohne Unterbindung des Sinus) erreichen. Durch leichtes Verschieben der Kleinhirnlamellen konnten die genannten Stile klar freigelegt und mit einem schneidenden Haken durchtrennt werden. Zu dem vorderen Stil leitet der Trochlearis, zu dem mittleren der Trigeminus. Der hintere Stil wird von der Dorsalseite der Medulla aus durch Aufheben des unteren Kleinhirnrandes erreicht.

Ähnlich ging Thiele[344]) bei Katzen und Affen, Russel[287]) beim Hunde vor. Nach letzterem ist es schwierig, den hinteren Kleinhirnstil genügend hoch (dorsal) zu durchschneiden, so daß die Akustikuskerne unverletzt bleiben.

7. Vierhügel und Corpus geniculatum.

1. Vierhügel.

Bei Eingriffen an den Vierhügeln (Zweihügel) ist das Verfahren je nach dem besonderen Zweck der Versuche verschieden. Wie auch an vielen anderen Teilen des Zentralorgans, hängt der Eingriff davon ab, ob die Tiere nachher am Leben erhalten bleiben, oder ob es sich um kurzdauernde Versuche handelt. Der Unterschied des Verfahrens beruht wiederum darin, daß man im letzteren Fall Hirnteile entfernen kann, die der breiten Freilegung des zu operierenden Teils im Wege stehen, deren Wegnahme aber ein Erhaltenbleiben der Tiere in Frage stellen würde. Im allgemeinen sind also die Eingriffe für Dauerversuche schwieriger; sie kommen hier zunächst allein in Betracht.

Die Vierhügel sind bei höheren Säugetieren, bei Affen und auch schon

Hunden, von dem Hinterpol des Großhirns verdeckt und nur zu erreichen, wenn dieser beiderseits abgetragen, oder wenigstens empor- und nach vorne geschoben wird. Obgleich die Eingriffe zum Teil schon oben bei Besprechung der Kleinhirnoperationen aufgeführt wurden, seien sie hier nochmals zusammenhängend dargestellt.

Für den Affen haben Bernheimer[31]) sowie Ferrier und Turner[88. 89]) die Methode der Exstirpation beschrieben. Nach den letzteren Autoren wird auf der linken Seite der Schädelknochen hinten und seitlich in beträchtlicher Ausdehnung weggenommen, so daß der Okzipitallappen des Großhirns und der größere Teil des Gyrus angularis freiliegen. Nach Zurückschlagen der Dura wird der Okzipitallappen in der Parieto-okzipitalfurche weggeschnitten und das Tentorium hinter dem Lateralsinus eingeschnitten. Mit kleinen Schwammstückchen werden die vorderen Blätter des Kleinhirns beiderseits zurückgeschoben, so daß die Vierhügel und Vena Galeni freiliegen. Unter Vermeidung der letzteren wurden erstere galvanokaustisch zerstört. Ohne Entfernung des Okzipitallappens konnte kein klarer Überblick gewonnen werden.

Bernheimer[31]) trägt in ähnlicher Weise, ebenfalls am Affen, beide Okzipitallappen ab und hält es zur exakten Abtragung der Vierhügel bis zum Aquädukt für notwendig, den Balkenwulst nach vorne sowie das Kleinhirn nach hinten zu drängen und dann die Vierhügelgegend genau in der Mittellinie bis auf den Aquädukt einzuschneiden. Nun wird das Vierhügeldach erst rechts, dann links nach außen bis gegen den Thalamus hin abgetragen. Die Zerstörung der hinteren Vierhügel war in der Regel unvollständig. Sollen die Hinterhauptslappen geschont werden, so empfiehlt Bernheimer, den Balken ein wenig einzuschneiden. Die ähnliche Methode für nur einseitige Entfernung braucht hier nicht besonders geschildert zu werden.

Bei Katzen und Hunden wird nach Braunstein[52]) und Rothmann ([282] u. briefl. Mitt.) in entsprechender Weise verfahren; das knöcherne Tentorium ist mit der Knochenschere zu entfernen, die Vierhügel stumpf vom Kleinhirn abzupräparieren und, nach Rothmann, mit breiter anatomischer Pinzette zu zerquetschen. Die hinteren Teile der Großhirnhemisphäre werden nicht abgetragen, sondern nur hochgehoben.

2. Corpus geniculatum.

Auf dem gleichen Wege ist nach Ferrier und Turner[89]), sowie Rothmann (briefl. Mitt.), das Corpus geniculatum mediale vom vorderen Rand des hinteren Vierhügels aus freizulegen und zu zerquetschen (Rothmann). Die erstgenannten Autoren heben beim Affen nach Entfernung des Okzipitallappens und Spaltung des Tentoriums das hintere Ende der Hemisphäre auf und gelangen so an den Kniehöcker, den sie galvanokaustisch zerstören.

8. Hirnschenkel, Abtrennung des Vorderhirns.

Die Durchschneidung der Hirnschenkel und damit bei doppelseitiger Operation die Abtrennung des ganzen Vorderhirns wird nach Boyce[50]) in der Vierhügelgegend ausgeführt. Man führt das Messer zwischen Okzipitallappen und Tentorium ein (die Eröffnung des Schädels

s. u.) und schneidet von der Mittellinie nach außen. Der Schnitt geht meistens zwischen den vorderen und hinteren Vierhügeln durch.

Bei seinen Versuchen über „decerebrate rigidity“ führt Sherrington ([100] und Demonstr. Heidelberg 1907) die gleiche Durchtrennung nach Umschlingung der Karotiden mit Faden doppelseitig aus; zur Schonung der basalen Gefäße wird ein stumpfes Instrument verwendet. Künstliche Atmung kann für einige Zeit notwendig sein*).

Von der Basis her können die Hirnschenkel nach Economo und Karplus [75]) an Katzen und Affen derart erreicht werden, daß die ganze hintere Partie der Hemisphäre bis an die Schädelbasis freigelegt und die Hemisphäre nach Spaltung der Dura nach vorne und oben abgehoben wird. Vielleicht ließe sich auch hier das neuerdings von Karplus und Kreidl [160]) angegebene Verfahren, bei Rückenlage des Tiers zu operieren (s. S. 100), zweckmäßig verwenden. Es läßt sich so eine vollständige Übersicht über das Mittelhirn erreichen und der Pedunculus unter Leitung des Auges durchschneiden.

9. Großhirn und Zwischenhirn.

Zum Großhirn gehören bekanntlich die Rinde (Mantel), die Markstrahlung und die Stammganglien (Corpus striatum, aus Nucleus caudatus und N. lentiformis bestehend); der Thalamus opticus hingegen, der sich räumlich eng an die genannten Kerne anschließt, ist dem Zwischenhirn zuzurechnen.

Bei den Großhirnexstirpationen, die zuerst abgehandelt werden sollen, wurde in etwas verschiedener Weise vorgegangen. Während die einen vorwiegend die Rinde entfernten, dehnten andere die Verletzung auch auf die Stammganglien, zum Teil auch auf das Zwischenhirn aus. Bei der Schwierigkeit der Eingriffe ist es verständlich, daß es nicht immer gelingt, die Zerstörung ganz nach Wunsch zu begrenzen, immerhin aber sollte stets erstrebt werden, der Verletzung eine bestimmte, sich an die anatomische Einteilung haltende Grenze zu geben. Es ist allerdings gleich hinzuzufügen, daß diese operative Abgrenzung wohl zwischen Hirnmantel und Stammganglien gelingt, schwerlich aber zwischen diesen und dem Zwischenhirn. Hier wird also auch wieder die anatomische Untersuchung die wirklich stehen gebliebenen Teile festzustellen haben.

a) Vollständige Entfernung des Großhirns.

Bei der Verschiedenheit der topographischen Verhältnisse und der eingeschlagenen Wege ist es notwendig, diesen Eingriff für die einzelnen Tierarten gesondert zu beschreiben.

1. Kaninchen.

Als Beispiel für die niederen Säugetiere diene das Kaninchen, für welches Munk [230]) und Christiani [57]) die Operation der Großhirnentfernung beschrieben haben.

Nach Munk verwendet man am besten kräftige erwachsene Tiere. Die Dura wird mit dem Sinus longitudinalis tordiert und nach vorn und

*) Vgl. auch die ganz kürzlich von Magnus (Pflügers Arch. **130**, 1909, 254) gegebene Beschreibung des Verfahrens.

nach hinten zurückgeschlagen. Die Exstirpation ist der geringeren Blutung wegen erst nach Abklingen der Narkose vorzunehmen. Der Kopf des Tieres ist möglichst senkrecht einzustellen. Nach ausgiebiger Freilegung der Hirnoberfläche legt man nach Munk zwei dünne und schmale Holzstäbchen ganz flach an das hintere Ende der rechten Hemisphäre an, und legt letztere bis zum Balkenknie nach vorn um. Nachdem man ebenso auf der anderen Seite verfahren hat, schneidet man mit dem Messer unmittelbar vor den sichtbaren vorderen Rändern der Thalami optici, frontal, etwas schief nach vorn und unten bis zur Schädelbasis, so daß das Messer auf das hintere Ende der vorderen Schädelgrube stößt. (Hierbei darf der Sehnerv nicht verletzt werden.) Hierauf wird die Hautnaht angelegt. Bei Meerschweinchen und Ratten ist die Methode die gleiche.

Im wesentlichen ähnlich verfährt Christiani, er verwendet statt des Messers einen zugeschärften hölzernen Skalpellstil.

Eine im Prinzip abweichende Methode wurde von Seck[306]) angewandt. Das Großhirn wurde unter Erhaltung der Hirnhäute freigelegt, die Dura auf beiden Seiten längs der Mittellinie und von da aus jederseits abwärts bis zur Temporalgegend geschlitzt. Mit einem zweckmäßig gebogenen und geöhrten Haken kann man einen starken Faden in der Gegend der Sella turcica unter das Gehirn führen, dann diesen bis in die Gegend der Vierhügel zurückschieben und hier das ganze Gehirn abbinden.

2. Katze.

Für Dauerversuche über den Einfluß der Großhirnentfernung ist das Kaninchen nicht geeignet, da es sich nach Munk[230]) nur etwa zwei Tage nach diesem Eingriff erhalten läßt. Viel günstiger liegen die Dinge bei höheren Säugern, die sich wenigstens nach Entfernung des Hirnmantels gut erhalten lassen.

Ich fand in einer Reihe eigner Versuche[351]) die Katze sehr geeignet, bei welcher ich die beiderseitige Entfernung des ganzen Hirnmantels vornahm, die Stammganglien aber unverletzt ließ.

Für kurzdauernde Versuche kann man beide Hemisphären in der gleich zu beschreibenden Weise unmittelbar nacheinander herausnehmen, während man bei Dauerversuchen einen Abstand von mindestens einer Woche für beide Operationen wählt. Im ersteren Falle wird gleich das ganze Schädeldach entfernt, im letzteren nur genau die Hälfte, indem die Eröffnung an der Mittellinie halt macht.

Zu diesen Versuchen sind auch erwachsene Tiere geeignet. Auf die oben auseinander gesetzte Vorbereitung zur Operation hinsichtlich der Nahrung muß hier nochmals verwiesen werden. Der Kopf wird in dem beschriebenen Halter mit der Längsachse horizontal eingespannt. Nach einem von der Nasenwurzel bis zur Prot. occip. ext. reichenden Längsschnitt durch die Haut wird der Temporalmuskel möglichst bis zum Jochbogen hin ohne Blutung stumpf vom Knochen abgelöst und durch Gewichtshaken weggezogen; an der Linea semicircularis wird die Muskulatur, um Platz zu schaffen, etwas abgelöst. Bei der Eröffnung des Schädels liegt die Hauptschwierigkeit in den bei der Katze oft ganz profusen Diploeblutungen. Der Schädel wird auf der Seite mit einer rechtwinklig abgebogenen schneidenden Knochenzange (Trepanieren ist nicht nötig, wenn man an dünnen Stellen beginnt) eröffnet, die Blutung stets sofort durch Wachsanwendung

gestillt, da sonst der Blutverlust zu groß ist. Man drückt mit der einen Hand etwas Watte auf den Knochenrand, nimmt mit den feuchten Fingern der anderen ein Wachsklümpchen und streicht es an den Knochenrand nach Wegnahme der Watte an. Die Blutung steht unmittelbar. Liegt die Dura an einer kleinen Stelle frei, so schiebt man eine passende stumpfe Sonde unter den Knochen, drängt die Dura ein wenig zurück, und schiebt jetzt erst das Blatt der scharfen Knochenzange nach. Die Dura muß völlig unverletzt bleiben, nötigenfalls wird sie mit der Sonde vom Knochen abgehebelt, ehe von diesem ein weiteres Stück entfernt wird. Nach unten geht man so weit, als es der Temporalmuskel zuläßt, nach vorn vermeide man eine breite Eröffnung der Stirnhöhle (ich erhielt in einem Fall eine Infektion von der Nase aus); man hält ein, wenn die Stirnhöhle eben eröffnet ist, und streicht das kleine Loch mit Wachs zu. Nach oben geht man genau bis zur Mittellinie vor, nach hinten so weit, als es der Sinus transversus zuläßt. Die Dura wird wenige Millimeter neben dem Longitudinalsinus diesem parallel und ferner entlang der vorderen und hinteren Knochenöffnung eingeschnitten, der Duralappen nach unten zurückgeschlagen, und dem Sinus entlang kleine Durahäkchen (Fig. 11) eingesetzt, deren Gewichte zur anderen Seite ziehen. Es empfiehlt sich nun, die Gefäße der Hirnoberfläche (die bisher unverletzt bleiben müssen) in der Nähe der Medianfurche zu umstechen und zu unterbinden, wodurch die Blutung vermindert wird. Nun wird mit stumpfen Instrumenten (Skalpellstil oder dgl.) der Okzipitalpol etwas gehoben und nach außen gedrängt, so daß er dem Knochenrand aufliegt. Nachdem man, wenn dies wegen des austretenden Bluts nötig ist, einen länglichen Wattetupfer in die Medianspalte eingeschoben und etwas liegen gelassen hat, liegt der Balken frei. Man faßt mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand den Okzipitalpol und zieht ihn nach hinten außen; die Rechte führt mit einem schmalen Skalpell folgende Schnitte schnell hintereinander aus. Der Balken wird etwas seitlich von der Mitte eingeschnitten, so daß der dritte Ventrikel freiliegt. In der Regel übersieht man nun sehr gut den Nucleus caudatus und Thalamus, im anderen Falle tupft man das Blut mit Watte etwas weg. Es werden nun, wenn die Stammganglien erhalten bleiben sollen, diese Teile nach vorn und seitlich bis zur Schädelbasis umschnitten, wobei vorn der Sehnerv unverletzt bleiben muß; am besten ist es, den Bulbus olfactorius ganz intakt zu lassen, was ja auch bei beabsichtigter Entfernung allein des Hirnmantels nötig ist. Seitlich schneide man in der Sagittalebene und besonders in der Tiefe nicht zu weit nach außen, damit von der Basis des Temporallappens nichts stehen bleibt, was allerdings in einigen meiner bisherigen Fälle passierte. Wenn es auf völlige Entfernung dieses Teils ankommt, ist es nicht schwer, die Umschneidung etwas mehr zur Mitte zu führen. Man hat nun die Hemisphäre in toto unverletzt in der Hand und kann sofort an ihr die Vollständigkeit der Operation kontrollieren, worin ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens liegt. Die Blutung aus den Gefäßen (Art. cerebri media, vgl. Fig. 19) ist in der Regel sehr gering, so daß besondere Maßnahmen nicht notwendig sind. Die Dura wird über den Defekt wieder ausgebreitet und der Temporalmuskel etwas schnell, aber sorgfältig übergenäht, was nur vorne einige Schwierigkeit bietet; man näht ihn

hier an das subkutane Gewebe an. Dichte Hautnaht und Stärkegazeverband beschließen die Operation. Da der Verband bei Katzen leicht abrutscht, muß man das Tier bis zum völligen Trocknen desselben ruhig halten. Soll später auch die andere Hemisphäre entfernt werden, so ist ganz der gleiche Weg einzuschlagen. Die erste Nahtstelle wird dabei am besten exzidiert.

Die Tiere ließen sich sowohl nach einseitiger als auch beiderseitiger Operation bei passender Nachbehandlung (s. o.) gut lange Zeit am Leben erhalten. Näheres hierüber, sowie über das Sektionsergebnis ist den Angaben und Abbildungen einer unlängst erschienenen Arbeit ([351]) zu entnehmen.

Da bei dieser Operation der Nucleus caudatus und der Thalamus übersichtlich vorliegen, ist es natürlich möglich, auch auf sie die Zerstörung nach Wunsch auszudehnen.

Die von Boyce[50]) bei der Katze angewandten Verfahren scheinen mir den Nachteil zu haben, daß bei ihnen zum Teil ohne Leitung des Auges operiert und der Tractus opticus durchschnitten wird. Boyce schneidet zwischen den Hemisphären vorwärts bis zum Stirnknochen, dann rückwärts durch den Balken bis vor das Tentorium: hier wurde das Messer nach außen gewandt und der Hirnschenkel durchschnitten. Noch besser erschien es, die Hemisphäre in mehreren Stücken herauszunehmen. Die Blutung wird mit Watte gestillt, die mit sehr heißem Wasser benetzt ist.

3. Hund.

Am Hunde (junge Tiere) hat Goltz[108. 110]) seine bekannten Operationen ausgeführt, deren Technik hier vorangestellt sei, wenn man es auch in mancher Beziehung vorziehen wird, von ihr abzuweichen. Nachdem Goltz in der ersten Zeit das Messer verwendet hatte, dann sich des schon erwähnten rotierenden Scherenmessers bediente([108]), kehrte er später wieder zur Benutzung des Messers zurück([110]). Bei seinem berühmten Hund ohne Großhirn schnitt er die linke Hemisphäre in zwei, vier Monate auseinander liegenden Operationen weg, und ließ ein Jahr nach dem ersten Eingriff in einem dritten die Exstirpation der rechten Hemisphäre folgen. Jede Halbkugel wurde in drei großen Stücken entfernt, deren eines den Stirnlappen und Scheitellappen, das zweite den Schläfenlappen, das dritte den Hinterhauptslappen umfaßte. Vom Großhirnmantel blieb nur der Uncus des Schläfenlappens zur Schonung der Sehbahnen stehen. Diese Teile gingen noch nachträglich zugrunde.

Schon Goltz fand, daß sich zu diesen Operationen junge Hunde besonders eignen, eine Erfahrung, die auch Vitzou[359]) bestätigt, dessen Beschreibung im übrigen nicht ganz ausreichend ist. Sie entspricht bis zur Trennung des Balkens etwa dem oben für die Katze angegebenen Weg.

Rothmann ([284] und briefl. Mitt.) entfernt nach Abtragung der ganzen knöchernen Schädeldecke der einen Seite und Bildung eines breiten Duralappens mit der Basis am Sinus longitudinalis das Großhirn der einen Seite ähnlich wie Goltz in mehreren Etappen. 1. Stirnhirn, 2. Hinterhauptlappen, 3. Schläfenlappen unter möglichst ausgiebigem stumpfem Herausdrücken der lateralen Teile des Gyrus pyriformis (= Gyrus uncinatus, vgl. Fig. 27), 4. Entfernung der medialen Abschnitte des noch stehenden Großhirnrestes, 5. Abkappung des mittleren Restes mit der Schere. Stehen bleibt der Thalamus opticus und der größte Teil des Corpus striatum, ferner kleine basale Reste der Großhirnrinde. Nach Tamponade mit Gaze Überklappen

des Duralappens, Muskel- und Hautnaht. Die zweite Operation kann nach 2—3 Wochen in der gleichen Weise angeschlossen werden. Die Tiere ließen sich auch nach der zweiten Operation längere Zeit am Leben erhalten.

Ich selbst ziehe es vor, auch am Hunde, und zwar an jungen Tieren, die Operation ganz in der gleichen Weise auszuführen, wie es oben für die Katze geschildert wurde. Nur unterbinde ich zur Verminderung des Blutverlustes die beiden Karotiden am Halse, ein Eingriff, der an sich beim Hunde ohne Bedeutung ist (S. 46). Man könnte auch versuchen, nur die gleichseitige Karotis zu unterbinden, oder den Verschluß der zweiten Karotis einige Zeit nach der Operation wieder zu entfernen, indem man um das Gefäß mit einem geölten glatten Faden eine Schleife legt, die sich nach der Naht von außen wieder aufziehen läßt; doch es liegt kein besonderer Grund vor, von der Unterbindung beider Gefäße abzugehen. Über die Ausführung der Operation ist nach dem oben Gesagten nur noch wenig hinzuzusetzen. Die Eröffnung des Schädels, die bei jungen Hunden wiederum ohne Trepan ausgeführt werden kann und die nach vorn an den (noch wenig entwickelten) Stirnhöhlen halt macht, begegnet viel geringeren Schwierigkeiten als bei der Katze, da die Diploe nicht so blutet. Der Bau des Schädels ist bei jungen Tieren viel geeigneter als bei alten, denn der Temporalmuskel ist viel schwächer entwickelt und der Jochbogen springt weniger weit vor. Nach dem medianen Längsschnitt löse man das Periost gleich von der Mittellinie an los, man kann es dann nachher wieder an das der anderen Seite vernähen und so einen sehr vollkommenen Verschluß erzielen. Gegen Blutungen sind keine besonderen Maßnahmen nötig, man näht sofort nach Feststellung der Vollständigkeit der Operation. Zum Schutz des Kopfes dient auch hier der Stärkeverband; es ist zu empfehlen, vorn die der Nahtstelle aufliegende Watte durch einige Nähte direkt an die Haut zu fixieren. Wegen des Ergebnisses dieser Operation hinsichtlich einer vollständigen Entfernung vergleiche man die schon angeführte Arbeit ([351]).

Für den Affen liegen meines Wissens keine technischen Angaben vor. In dem Falle von Goltz [111]) war in zwei Sitzungen mit dem Messer der größte Teil des Stirnlappens und Scheitellappens der linken Seite bis dicht an den Hinterhauptlappen entfernt, also keine vollständige Hemisphärenentfernung vorgenommen. Nach dem Gesagten wird man aber auch beim Affen im Bedarfsfalle die richtige Methode finden. Vielleicht ist es gut, dauernd nur die gleichseitige Karotis zu unterbinden (s. S. 46).

Die dauernde Gefäßunterbindung der Karotiden könnte auch in folgender Weise umgangen werden. Unter den am Halse freigelegten Karotiden wird je ein Faden durchgezogen und an seinen Enden zugebunden, so daß also um jedes Gefäß ein einfacher geschlossener Faden führt. Die Schlinge wird durch die wieder vernähte Haut nach außen geführt. Darauf wird nur ein zeitweiser Verschluß der Gefäße dadurch herbeigeführt, daß erst unmittelbar vor der Hirnentfernung Gewichte in die Fadenschlingen gehängt werden, so daß die Gefäße verschlossen werden. Hat man sich dann durch zeitweises Aufheben der Gewichte davon überzeugt, daß die Gefäße ohne Schaden (Blutung) wieder eröffnet werden können, so braucht man die Fadenschlingen nur zu durchschneiden und die Fäden herauszuziehen. Dies Verfahren wäre auch einseitig mit oder ohne dauernden Verschluß der anderen Karotis anwendbar. Ferner könnte eine Unterbindung der Art. cerebri media oder ihrer Hauptäste als vorbereitende Operation nach ausgiebiger Entfernung der temporalen Schädelwand besonders bei

jüngeren Tieren (Affen) versucht werden; diese Unterbindung ist, wie ich sehe, von Beevor und Horsley[23. 24]) zu anderen Zwecken tatsächlich ausgeführt worden.

b) Unterschneidung der gesamten Großhirnhemisphäre.

Für besondere, vorwiegend anatomische, Zwecke kann es erforderlich sein, die gesamte Großhirnhemisphäre von den tieferen Teilen durch Durchschneidung des Stabkranzes zu trennen, ohne die Ernährung des funktionell ausgeschalteten Teiles zu beeinträchtigen. Dies ist nur dadurch möglich, daß die hauptsächlichen ernährenden Gefäße, wie Fig. 19 zeigt, oberflächlich liegen, so daß sie unverletzt bleiben, wenn man von der Mitte her bis dicht unter die Rindenoberfläche schneidet.

Ausgehend von einer von Herrn Privatdozent Dr. Spielmeyer angeregten Fragestellung habe ich nach diesem Plan einige Versuche an der Katze in folgender Weise ausgeführt.

Die Schädeldecke wird in gleichem Umfang eröffnet, wie zur Totalexstirpation der einen Großhirnseite, besonders muß man nach hinten so weit wie möglich vorgehen. Der Okzipitalpol wird ein wenig nach außen geschoben und in die Medianfissur unter möglichster Schonung der in den Sinus einmündenden Venen ein bauchiges Skalpell eingeschoben, das an der Wurzel der Schneide über die Fläche winklig abgeknickt ist. Hierdurch ist es möglich, das Messer einzuführen, ohne daß man an die Ränder der Knochenlücke anstößt. Nun schneidet man in einer zur Sagittalebene um 45 Grad schräg abwärts geneigten Ebene das ganze Marklager durch, ohne die Schneide des Skalpells zu sehen, und stellt außen an der Basis der Großhirnhemisphäre mit dem tastenden Finger fest, wann sich die Skalpellschneide der Oberfläche bis auf eine ganz dünne Zwischenschicht nähert. Diese Schicht darf natürlich nicht durchtrennt werden. Durch sanften Druck mit Wattebausch wird die Blutung, soweit vorhanden, gestillt und nun der Temporalmuskel mit seinem medianen Rand mit der entlang dem Sinus geschlitzten Dura vernäht. Dadurch weicht das Gehirn, das zunächst etwas zum Prolaps neigt, zurück und es wird ein Ersatz dafür geschaffen, daß der Duralappen sich hierbei an der Katze nicht gut vernähen läßt. Die Operation kann mit Balkendurchschneidung kombiniert werden. Die Tiere ließen sich unbegrenzt am Leben halten.

c) Balkendurchschneidung.

Die Balkendurchschneidung wird als Teileingriff bei der Entfernung einer Großhirnhälfte, Freilegung der Stammganglien und des Thalamus, oder als Eingriff für sich vorgenommen. Hier kommt nur der letztere in Betracht. Die Methode wurde für den Hund von Lo Monako[218]) und Imamura[146]) beschrieben.

Ich folge zunächst den ausführlichen Angaben Lo Monakos. Die Haut wird von der Prot. occip. bis zur Stirnregion gespalten, der Temporalmuskel mit dem Periost auf beiden Seiten abgeschabt. Seitlich wird trepaniert und eine 3—3½ cm breite und 3½—4 cm lange symmetrisch die Höhe des Schädeldaches einnehmende Knochenöffnung angelegt. Die Blutung aus einer direkt zwischen Knochen und Dura laufenden Vene wird durch heiße Kompressen gestillt. Die Dura wird jederseits entlang dem Sinus längs eingeschnitten, von der Mitte dieser Schnitte geht jederseits ein Querschnitt bis zum Rand der Knochenlücke, wodurch das Ausweichen des Gehirns ermöglicht wird. Der Sinus wird am vorderen und hinteren Rand der Knochenlücke mit kleiner stark gekrümmter Nadel umstochen,

unterbunden und mitsamt der Falx durchschnitten. (Durch besondere Versuche wurde festgestellt, daß der Hund nach Sinusunterbindung keine Funktionsstörungen erkennen läßt.) Mit zwei kleinen Knochenplatten werden nun die Hemisphären auseinander gedrängt, bis man die Oberfläche des Balkens sieht. Dabei tritt durch Zerreißung von Pialvenen Blutung ein. Der Balken wird entweder direkt mit den genannten Platten durchtrennt, oder es wird ein pinzettenartiges Instrument eingeführt, dessen breite Branchen durch Schraube auseinander gehalten werden, und nun der Balken mit einem stumpfen Instrument durchtrennt.

Imamura verfährt im wesentlichen in der gleichen Weise; doch führte er die Operation auch ohne Sinusunterbindung aus. Mit dem schmalen und stumpfen Ende eines Skalpellstils geht man in diesem Falle nach Längsspaltung der Dura entlang dem Sinus in die Tiefe der medianen Hirnspalte ein, bis man einen Widerstand fühlt; bei senkrecht stehendem Messer stößt man das stumpfe Ende etwas in den Balken ein und erweitert den Schlitz nach vorne und hinten. Die ziemlich starke Blutung steht bald von selbst.

Beim Affen führten Ferrier und Turner[88]) die Balkendurchschneidung aus: die Methode entsprach dem vorigen, der Sinus scheint nicht unterbunden worden zu sein.

Partielle Balkenzerstörungen führt Yoshimura[367]) mit einem bajonettartig gebogenen Blechstreifen aus, dessen Abbiegung auf der Hirnoberfläche aufliegt, wenn die abgerundete freie Kante den Balken durchstoßen hat.

d) Zerstörung der Stammganglien und des Thalamus opticus.

Diese vom Hirnmantel bedeckten, in die Hirnventrikel hineinragenden Teile sind mit oder ohne vollständige Freilegung erreicht worden. Im ersteren Falle hat man naturgemäß den Vorteil, den Ort der Verletzung genau zu übersehen, während man dafür einige Nebenverletzungen mit in Kauf nehmen muß, die bei den anderen Verfahren mehr oder weniger vermieden werden. Man wird also je nach dem besonderen Versuchszweck das eine oder andere Verfahren wählen.

1. Zerstörung unter Freilegung der Ventrikel.

Die Methode der Freilegung der Hirnventrikel braucht hier nicht ausführlich geschildert zu werden, da sie dem bei der Großhirnentfernung beschriebenen Verfahren (S. 80) entspricht, indem nach Durchschneidung des Balkens die ganze Hemisphäre zur Seite gezogen wird. Die für die genannte Operation nötige Umschneidung der Basalganglien unterbleibt hierbei.

In dieser Weise hat Lo Monako[219]) beim Hunde den Sehhügel erreicht und ihn mit dem scharfen Löffel abgetragen; durch zeitweise Einführung kleiner Schwämmchen in die Höhlung wurde die Blutung gestillt; die Tiere konnten längere Zeit am Leben erhalten werden.

Beim Affen entfernten Ferrier und Turner[88]) in ähnlicher Weise die linke Seite des Schädeldaches, zogen die linke Hemisphäre zur Seite und spalteten die hintere Balkenhälfte. Die Zerstörung wurde galvanokaustisch vorgenommen.

Ziehen[369]) hat beim Kaninchen nach doppelter Unterbindung und Entfernung des Sinus und der Falx die Konvexität der Hemisphäre durch scharfen Schnitt abgetragen

und ist so zu den gewünschten Teilen gelangt, während Babinsky und Lehmann[6]) ebenfalls am Kaninchen zur Eröffnung der Ventrikel und zur Zerstörung der Nuclei caudati die Absaugung anwendeten.

2. Zerstörung ohne Freilegung.

Diese ist auf den verschiedensten Wegen versucht worden, je nachdem ob diese oder jene Nebenverletzung bei dem Versuchszweck vernachlässigt werden konnte. Man ging vom Frontalhirn oder von der Konvexität des Gehirns oder von der Medianfissur aus vor.

Schüller[304]) geht, um den Nucl. caudatus zu treffen, vom Frontalhirn aus vor. Bei kurzschnauzigen, nicht weniger als 1 Jahr alten Huuden wird die vordere Wand der Stirnbeine entfernt und durch Ausmeißelung die Schädelhöhle eröffnet. Die Knochenlücke wird so weit erweitert, daß der Stirnpol des Gehirns genügend freiliegt. Durch das Stirnhirn hindurch wird in der Richtung von vorne nach hinten ein dünner Troikart samt Hülse eingestochen, und zwar von der Mitte zwischen der Mantelkante und der Umbiegungsstelle des Sulc. praecruciatus aus. Der Winkel zwischen Achse des Instruments und dem vorderen Ende des Sulcus coronarius soll 45 Grad (vorne offen) betragen. Die Einstichtiefe ist ca. 2 cm. Der Stachel des Troikarts wird nun herausgezogen und an seine Stelle das zerstörende Instrument geschoben, das in einem Bündel von Drähten besteht, welches etwa 6 mm weit über den Rand der Hülse vorgeschoben und dann gedreht wird. Nach Ausführung desselben Verfahrens noch etwas weiter kaudalwärts könne noch der Rest des Kopfes und Schwanzes mit einer gekrümmten Borste zerstört werden.

Der Sehhügel wurde von Nothnagel[248]) mit seinem schon oben (S. 40) beschriebenen Instrument von der Seite her unter Perforation des Ammonshorns erreicht. Von der großen Hirnspalte aus gehen Bechterew[15]) und Probst[268. 270]) vor. Ersterer verwendet ein in einer Schneide verborgenes Messer, letzterer seine schon erwähnte Hakenkanüle. Bei diesen zuletzt genannten Verfahren vermißt man nähere Angaben über genauen Ort, Tiefe und Richtung des Einstichs.

Den Linsenkern erreichte Nothnagel[245. 246]) beim Kaninchen durch Einspritzen von Chromsäure. Für den Nucleus caudatus war die Methode wegen der Notwendigkeit, den Ventrikel zu durchstechen, nicht anwendbar. Er wurde mit einer durch ein feines Bohrloch eingeführten und hebelartig bewegten Nadel zerstört[247]).

Allen diesen Verfahren gegenüber bildet die Methode von Horsley und Clarke einen großen Fortschritt, welche kürzlich von Sachs[289a]) am Thalamus opticus verwendet wurde. Auf nähere Einzelheiten konnte hier nicht mehr eingegangen werden.

3. Der Wärmestich.

Zu den Eingriffen ohne Freilegung gehört auch der „Wärmestich", bei dem es, ebenso wie für den „Zuckerstich", zweifelhaft sein kann, ob seine Technik nicht bei den Reizversuchen abzuhandeln ist. Da es sich aber um im wesentlichen zerstörende Eingriffe handelt, sind sie hier schon aufgeführt und, zwar nur der besseren Übersicht wegen an einem gesonderten Platz. Bei dem Wärmestich handelt es sich um eine Verletzung des vorderen Endes des Nucleus caudatus beim Kaninchen. Die Methodik ist von Aronsohn und Sachs[3]) beschrieben worden. Nach Längsschnitt durch die Kopfhaut wird ein Trepanloch von 7 mm Durchmesser an der Vereinigung der Sutura sagittalis und coronalis (Fig. 31) so angelegt, daß die Zacken des Trepans eben gerade über diese Suturen als mediale und kaudale Begrenzung zu stehen kommen. Nach Spaltung der Dura wird

mit einer Nadel von 3 mm Durchmesser etwa 1 mm seitlich vom Sinus longitudinalis zwischen den zwei in der Wunde sichtbaren, senkrecht zum Sinus laufenden Gefäßen eingestochen. Nach der etwas näheren Beschreibung von Babinsky und Lehmann[6]) ist die Einstichstelle im vorderen rechten Winkel zwischen Sutura sagittalis und S. coronaria gelegen. Denkt man sich diesen Winkel halbiert und auf der Halbierungslinie vom Scheitelpunkt aus 2,5—3 mm abgetragen, so gelangt man von diesem Punkt durch senkrechten Einstich einer Nadel in den vordersten, wulstartig in den Ventrikel hineinragenden Teil des Nucleus caudatus.

Ito[147]) bestätigt diese Ortsbestimmung; die Operation ist nach ihm ohne Narkose am nicht aufgebundenen Tier auszuführen. White[364]) benutzt zur Zerstörung die oben beschriebene Nadel. Im übrigen sei auf die umfangreiche Literaturzusammenstellung in der Arbeit von Ito hingewiesen.

e) Entfernung größerer Teile des Großhirns oder seiner Rinde.

Der Besonderheiten der Technik wegen werden hier die Ausschaltungen großer Bezirke des Vorderhirns zusammengefaßt und die Exstirpationen kleiner Rindenabschnitte erst später für sich abgehandelt. Auch sei gleich betont, daß es sich hier nur um die Ausschaltungen des Großhirnmantels handelt; diejenigen an den Stammganglien wurden mit denen am Thalamus opticus der ganz entsprechenden Methodik wegen schon gemeinsam besprochen (S. 85).

Es liegt in der Natur der Objekte, daß in diesem Abschnitt die Untersuchungen an niederen Säugetieren zurücktreten; erst bei höheren ist die Hirnrinde morphologisch so differenziert, daß man ohne zu großen Zwang von einzelnen „Lappen" reden kann. Auch bei den höheren Säugetieren bestehen aber noch große Unterschiede in der Rindeneinteilung; nur diejenige des Affen läßt eine direkte Vergleichung mit derjenigen des Menschen zu, wenn sie auch in einigen Punkten, z. B. der scharfen Absetzung des beträchtlichen Hinterhauptlappens, über die letztere hinausgeht.

Eine genauere Darstellung der Hirnoberfläche kann hier nur für den Hund gegeben werden; sie ist in Fig. 27 und 28 nach Langley[190]) enthalten. Die Zeichenerläuterung dürfte eine Beschreibung hier entbehrlich machen. Wegen der übrigen in Betracht kommenden Versuchstiere muß auf die Fig. 33, 46 u. 47 sowie auf die in der Anmerkung zitierten Arbeiten verwiesen werden*). Manche zur Orientierung nötige Einzelheiten finden sich noch im folgenden.

Schon für die hier zu besprechenden Methoden sind ferner einige Kenntnisse der topographischen Projektion der einzelnen Rindenabschnitte auf die Schädeloberfläche notwendig; aus den weiter unten gegebenen Figuren 31, 32 und 33 kann man für die meist benutzten Versuchstiere das Nötige entnehmen; zur Ergänzung sei auf Flatau und Jacobson[91]) verwiesen.

---

*) Besonders zu erwähnen: Flatau und Jacobson[91]). Weitere Literatur bei Tschermak, im Handbuch der Physiologie von Nagel **4.** (1) S. 18 (Anm.). Für den Affen vgl. auch Horsley und Schäfer[145]).

1. Stirnlappen.

Nach Munk [230]) wird zum Stirnlappen des Hundes der vor der „Hauptstirnfurche“ (Sulcus supraorbitalis nach Langley; vgl. s. or. in Fig. 27) gelegene Teil gerechnet. Beim Affen ist eine entsprechende von Munk in der gleichen Weise bezeichnete Furche vorhanden (Sulcus praecentralis Fig. 33).

Fig. 27 (und 28). Großhirnoberfläche des Hundes nach Langley.
(Aus Nagel, Handbuch der Physiologie 4 (1). S. 18 u. 19.)

PR.	Gyrus	prorea
OR.	„	orbitalis
S. P. R.	„	subprorea
OL.	Lob. olfactor.	
U.	Gyrus	uncinatus
SGA.	„	sigmoideus ant.
SGP.	„	„ post.
COR	„	coronalis
CA	„	compositus ant.
E. SY. A.	„	ectosylv. ant.
SY. A.	„	sylviacus ant.
S. Sp.	„	suprasplenialis
P. Sp.	„	postsplenialis
ENL	„	entolateralis
EL	„	ectolateralis
S. SY. P.	„	suprasylv. post.
E. SY. M.	„	ectosylv. medius
E. SY. M.	„	ectosylv. post.
SY. P.	„	sylviacus post.
C. P.	„	compositus post.
G.	„	genualis
PR. SP.	„	praesplenialis
S. C.	„	supracallosus
SP.	„	splenialis.
pr.	Sulcus	prorealis
s. or	„	supraorbitalis
i. or.	„	infraorbitalis
olf.	„	olfactorius
rh.	Sulcus	rhinalis
i. olf.	„	interolfactorius
pr. cr.	„	praecruciatus
cr.	„	cruciatus
p. cr.	„	postcruciatus
cor.	„	coronalis
an.	„	ansatus
an. mi.	„	ansatus minor
s. sy. a.	„	suprasylv. ant.
e. sy. a.	„	ectosylv. ant.
sy.	„	sylviacus
rh. p.	„	rhinalis post.
en. l.	„	entolateralis
l.	„	lateralis
p. l.	„	postlateralis
e. l.	„	ectolateralis.
s. sy. p.	„	suprasylv. post.
e. sy. p.	„	ectosylv. post.
ro.	„	rostralis
gen.	„	genualis
pr.sp.	„	praesplenialis
call.	„	callosus
sp.	„	splenialis
s. sp.	„	suprasplenialis
p. sp.	„	postsplenialis
de.	„	dentatus
re. s.	„	recurrens sup.
re. i.	„	recurrens inf.
rh. p.	„	rhinalis post.

Die Entfernung des Stirnteils ist sehr häufig vorgenommen worden (Munk[230. 233]), Grosglick[115]), Bianchi[32]), Polimanti[261])). Ich werde im folgenden die Darstellung Munks in erster Linie berücksichtigen.

Am Hunde hat Munk bei seinen späteren hier allein berücksichtigten Versuchen (11. Mitt.) die Stirnhöhle trepaniert und das Dach derselben in ganzer Ausdehnung abgetragen. Die Schädelwand wird in der Gegend der

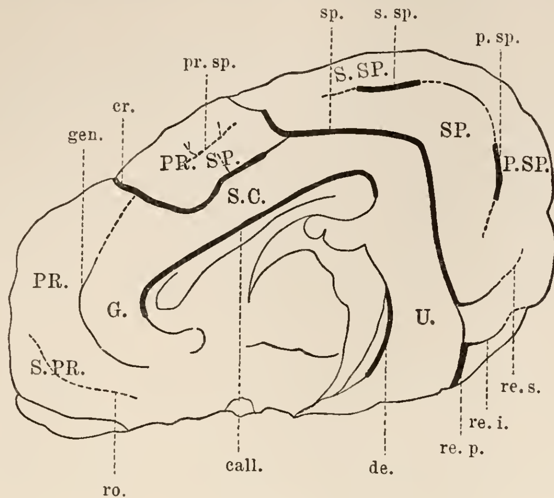


Fig. 28.

Hauptstirnfurche (Supraorbitalfurche) eröffnet, bis oben der Sinus und unten das Dach der Augenhöhle erreicht ist. Vor der Hauptstirnfurche wird die Dura gespalten und die Furche, deren Vene zu schonen ist, freigelegt. Zwischen Falx und Hemisphäre wird das Messer mit der Schneide nach hinten bis auf den Knochen geführt, darauf die Schneide nach außen gewandt und nun der Furche entlang dicht vor derselben geschnitten, wobei die Messerspitze immer Fühlung mit dem Knochen behält. Der Tractus olfactorius wird dabei durchschnitten. Bei Verwendung eines bauchigen Messers, das an der Schädelbasis die den Tract. olf. bergende Furche überspringt, schneidet man diesen nur an. Für doppelseitige Abtrennung kann die Lücke über die Mittellinie hin fortgesetzt werden. Zur Vermeidung des Hirnprolapses wird der Stirnlappen nicht entfernt; die völlige Ausschaltung ist ja schon durch Abtrennung aller seiner Verbindungen erreicht.

Bianchi will die Stirnzone nicht nach den Furchen abgrenzen, sondern hält sich, um funktionell zusammengehörige Stellen nicht voneinander zu sondern, 2—3 mm vor den erregbaren Feldern für Arm, Gesicht und Kiefer.

Beim Affen wird der Knochen nach Munk in der ganzen Breite des Stirnbeins eröffnet und das Messer zunächst wie bei der eben für den Hund geschilderten Operation eingeführt. Dann wird das Messer nicht senkrecht zum Sinus, sondern mit der Spitze nach vorn abweichend in einem Winkel von ca. 80 Grad gegen den Sinus lateralwärts geführt. Der Schnitt läuft in der Höhe der vorderen Spitze des medialen Endes der Hauptstirnfurche

(Präzentralfurche) quer durch die Hemisphäre, wobei die Messerspitze in Berührung mit dem Knochen bleibt. Nur das Stück des Stirnlappens, das vom „Haken“ der Furche eingefaßt wird, bleibt unabgetrennt. Der Tractus olfactorius wird mit durchschnitten.

Betreffs des Riechhirns vgl. Polimanti[263]) und Probst[267]); letzterer erreicht den Bulbus olfactorius mit seiner Hakenkanüle, die zwischen den Vorderhirnenden eingeführt wird.

2. Extremitätenzone.

Während die zur Ausschaltung kleinerer Bezirke vorwiegend der Extremitätenzone nötigen Maßnahmen einem späteren Abschnitte vorbehalten sind, kommen hier die Versuche mit möglichst totaler Ausschaltung dieser Gegenden in Betracht, soweit diese Versuche in technischer Beziehung Besonderheiten bieten. Versteht man unter der Extremitätenregion nur die Stellen, von denen aus durch elektrische Reizung Bewegungen der Skelettmuskulatur erhalten werden, so sind besonders beim Affen etwas andere Stellen zu entfernen, als wenn überhaupt das ganze in engem funktionellem Zusammenhang mit den Extremitäten stehende Areal gemeint ist. Beim Affen sind die motorischen Teile nur in dem vor der Zentralfurche gelegenen Abschnitte zu suchen. Beim Hunde und der Katze kommt die Gegend des sulcus cruciatus in Betracht; das Nähere ist den Abbildungen dieser Arbeit zu entnehmen*).

In technischer Beziehung kann man Rindenabtragungen von Unterschneidungen, die durch den Stabkranz laufen, unterscheiden. Die letzteren seien zunächst geschildert.

Unterschneidungen der motorischen Region wurden bei Affen ausgeführt von Mott[224]), Schäfer[291]), Simpson[316, 317]) (von letzterem Autor auch bei Katzen). Mott schiebt ein Messer bis zur Falx cerebri unter Vermeidung des Gyrus fornicatus ein und trennt durch Bewegung nach vorn und hinten die motorische Region ab. Das Stück bleibt an Ort und Stelle, durch die großen Gefäße und die Pia mit den übrigen Teilen verbunden. Simpson sticht nach unten und vorwärts durch die graue Substanz bis zu einer Tiefe von etwa 2 cm in die weiße Substanz am mittleren Rand der Hemisphäre ein und führt das Messer unmittelbar hinter dem hinteren Rand der motorischen Region heraus (vgl. [317], Fig. 1). Schäfer ließ ebenfalls das abgetrennte Stück in manchen Versuchen in situ.

Zur Abtragung der vorderen Zentralwindung beim Affen gehen Lewandowsky und Simons[199]) so vor, daß sie die beiden Zentralwindungen durch zwei Spatel möglichst bis zum Grunde der Furche voneinander abdrängen und dann die vordere Windung von hinten nach vorn vorgehend entfernen. Größere Verletzungen der hinteren Windung ließen sich so vermeiden. In entsprechender Weise ließ sich auch die hintere Zentralwindung für sich entfernen.

Munk[232]) führt am Hunde und Affen die Totalexstirpation der Rinde der Extremitätenregion in folgender Weise aus.

---

*) Weitere Abbildungen findet man, von den Spezialarbeiten abgesehen, u. a. bei Tschermak, Hdb. d. Physiol. v. Nagel 4. (1). 26ff. Edinger, Bau d. nerv. Zentralorgane I, 1904, 303. Tigerstedt, Lehrb. d. Physiol. II, 1908. Vgl. auch die Abb. bei Munk[232]).

Die Schädellücke wird beim Hunde etwas größer als die konvexe Fläche der Extremitätenregion angelegt, die am Rand des Schädelknochens gespaltene Dura nach der Mittellinie als Lappen zurückgeschlagen. Die Rinde der Extremitätenregion wird senkrecht zur Hirnoberfläche ohne Venenverletzung umschnitten und die umschnittene Rindenpartie vom lateralen Schnittrande her parallel zur Hirnoberfläche bis nahe zur medialen Fläche der Hemisphäre unterschnitten. Die unterschnittene Partie wird mit einem schmalen Skalpellstil herausgenommen.

Beim Affen wird nach Munk[232]) die Schädellücke ebenfalls etwas größer als die konvexe Oberfläche der Extremitätenregion hergestellt, die Dura in Zipfel medialwärts und lateralwärts zurückgeschlagen. Die vom frontalen Schenkel des Sulcus praecentralis zur Falx verlaufende Vene wird geschont, ebenso die Vene des Sulcus parieto-occipitalis; die 2—3 dazwischengelegenen Venen werden am Sinus longitudinalis doppelt unterbunden und dazwischen durchschnitten. An der nunmehr bequem zugänglichen medialen Seite der Hemisphäre wird die Rinde am Sulcus calloso-marginalis entlang, soweit dieser die genannte Region begrenzt, senkrecht zur Oberfläche eingeschnitten und die ganze mediale Partie scheibenförmig in einem Stücke abgetragen. Durch Einschnitte dicht hinter der vorderen und dicht vor der hinteren Grenzvene wird der an der Konvexität gelegene Teil umschnitten und mit oberflächlichen Messerschnitten abgetragen. Die Stelle zwischen dem Ende des Sulcus calloso-margin. und dem Sulcus partiet.-occip. ist mit zu entfernen. Die Rinde wird unter den genannten Venen etwas unterschnitten, sowie unter der Vene des Sulcus parieto-occip. entfernt.

3. Schläfenlappen.

Bei einer ausgiebigen Rindenentfernung im Schläfenlappen handelt es sich in der Regel um eine Totalexstirpation der Hörsphäre. Es handelt sich hier um eine möglichst völlige Ausschaltung nur der Rinde, da eine tiefergreifende Läsion unerwünschte Nebenverletzungen bedingen würde. Auf die mannigfachen sich solchen Versuchen entgegenstellenden Schwierigkeiten wird erst unten im Zusammenhang eingegangen werden, hier soll nur darauf hingewiesen werden, daß es schwer ist, den entgegengesetzten Fehler des Stehenlassens funktionsfähiger Rindenteile zu vermeiden. Hat doch Rothmann[283]) an von Munk operierten Hunden noch Tondressur erzielen können, was nach völliger Ausschaltung beider Schläfenlappen nicht mehr der Fall war.

Die Totalexstirpation beider Hörsphären am Hunde wird nach Munk an beiden Seiten nacheinander in einem Intervall von 1—2 Monaten vorgenommen. Nach Ablösung des Schläfenmuskels wird der Knochen über dem Knochenlappen entfernt, so daß die Öffnung vorn der Fossa Sylvii, und hinten der Linea semicircularis nahe kommt, oben die laterale Grenze der Sehphäre sehen läßt und unten die Schädelbasis erreicht. Nach Spaltung und Zurückschlagen der Dura wird ein Schnitt etwa 2 mm tief parallel der lateralen Grenze der Sehsphäre 1—2 mm unterhalb derselben, ein zweiter Schnitt ebenso tief vom vorderen Ende des ersten Schnittes aus durch die zunächst hinter der Fossa Sylvii gelegene Furche (Fissura ectosylvia) bis zur Basis geführt; von der Kreuzungsstelle beider Schnitte aus wird in der Richtung von vorn und oben nach hinten und unten die Rinde des Schläfenlappens mit flachen Messerzügen abgetragen, bis man dem Gyrus hippocampi auf 1—2 mm nahe gekommen ist. Die dem Kleinhirn zugewandte Rindenpartie wird für sich scheibenförmig abgeschnitten. Die Schnitte dürfen nicht mehr als 2 mm tief und müssen stets parallel zur Oberfläche geführt werden. Blutungen werden durch Andrücken eines Schwämmchens gestillt. Die hauptsächlichen Schwierigkeiten liegen darin, daß an der Spitze des Lappens Rindenteile der Exstirpation entgehen und die Tiere durch Nachblutung aus den Arterienästen der Fossa Sylvii zugrunde gehen können.

Ich möchte noch darauf hinweisen, daß bei jungen Hunden die basalen Teile der Schläfenrinde leichter freizulegen sind, als bei alten.

4. Hinterhauptlappen.

Da bei dem Hunde eine eigentliche Abgrenzung des Hinterhauptteils nicht vorhanden ist, handelt es sich hier um die Abtragung der Sehsphäre. Gegen die von Munk[230]) angegebenen Grenzen (Fig. 29) sind mannigfache Einwendungen gemacht worden (v. Monakow[220]), Hitzig[137]), Kalberlah[151])). v. Monakow fand an den von Munk selbst operierten Hunden den anatomischen Befund nicht mit den angegebenen Grenzen übereinstimmend. Gewiß ist es berechtigt, wenn Munk unter anderem dagegen einwendet, daß die gegebenen Grenzen nur schematisch sind, immerhin ist aber auf Grund des vorliegenden Materials die Frage nach den Grenzen der Sehsphäre des Hundes noch offen.

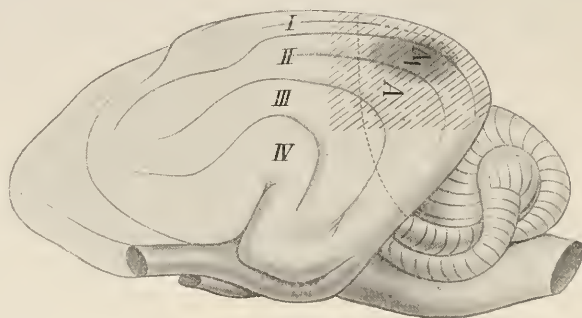


Fig. 29.
Sehsphäre des Hundes (schraffiert) nach Munk.

Munk[230]) (15. Mitt.) schiebt in seinem späteren Verfahren, dessen im wesentlichen wörtliche Mitteilung hier wiederum unerläßlich ist, nach Eröffnung des Schädeldachs über der ganzen Ausdehnung der Sehsphäre, einen Skalpellstil am vorderen Ende der Sehsphäre neben der Falx bis auf den Balken ein, sticht dann ein bauchiges Skalpell mit geradem Rücken, diesen nach vorn gewandt, dort, wo nach Munks Figuren (vgl. Fig. 29) der vordere und der laterale Rand der Sehsphäre zusammenstoßen, nahezu horizontal, etwas schräg nach oben gerichtet, so weit ein, bis die Spitze auf den Messerstil, 2—3 mm oberhalb seines unteren Endes, trifft, und zieht das Skalpell in unveränderter Haltung nach hinten durch die Hemisphäre aus. Der Horizontalschnitt muß an der medialen Seite der Hemisphäre im Gyrus fornicatus möglichst nahe dem Sulcus calloso-marginalis verlaufen. Nun wird das Skalpell, die Schneide nach vorn, zwischen Messerstil und medialer Hemisphärenwand eingeschoben und unter Wendung des Skalpells am vorderen Rande der Sehsphäre ein Frontalschnitt durch die Hemisphäre geführt, bis der Horizontalschnitt erreicht ist. Das abgetrennte Stück wird herausgenommen.

Exstirpationen im Gebiet des Sulcus recurrens des Hundes (der wahrscheinlich der Fissura calcarina entspricht) führte Kurzveil[175]) aus.

Am Affen wird nach Munk[230]), ferner Brown und Schäfer[53]) sowie Ferrier und Turner[88]), entlang der Parieto-okzipitalfurche unmittelbar hinter der dort verlaufenden Vene ein Vertikalschnitt durch die Hemisphäre gemacht und der abgetrennte Okzipitallappen entfernt.

5. Ammonshorn.

Vom Okzipitalhirn aus erreichte Ossipow[251]) das Ammonshorn. Nach Trepanation und Erweitern mit der Knochenzange werden die 2. und 3. Okzipitalwindung beim Hunde freigelegt. An den Rändern derselben werden zwei seitliche Schnitte ausgeführt und durch einen an der vorderen Knochenöffnung liegenden Querschnitt vereinigt. Das Hirnstück wird zurückgeschlagen und an der hinteren Grenze der Knochenöffnung abgeschnitten. Mit dem Skalpell können Teile des freiliegenden Ammonshorns exstirpiert werden. Man vermeide Eindringen von Blut in die Tiefe des Ventrikels. Nach zwei Wochen kann die Operation auf der anderen Seite hinzugefügt werden.

f) Ausschaltung kleinerer Rindenstücke (Unterschneidung, Umschneidung).

Bei der Entfernung kleinerer Rindenstücke liegen einige Schwierigkeiten vor, welche eine gesonderte Besprechung dieser Aufgabe nötig machen, obschon sie sich im übrigen eng an das Vorige anschließt.

Man beabsichtigt bei diesen Operationen, an mehr oder weniger eng umschriebener Stelle nur die Rinde zu entfernen oder wenigstens doch nur solche Fasersysteme mit zu verletzen, welche zu dem Rindenstück hinziehen oder von ihm ausgehen; Bahnen also, die nach Entfernung des Rindenstückes doch so wie so ausgeschaltet sind. Bei der nahen Nachbarschaft aber, in welcher die Bahnen der verschiedensten Herkunft in der Regel liegen, würde den Versuchen der Vorzug zu geben sein, in welchen wirklich nur die graue Substanz zerstört wäre. Man sieht ohne weiteres, daß sich hier recht beträchtliche Schwierigkeiten bieten. Nur bei den niedersten Säugetieren ist die Rinde in einer kontinuierlichen Fläche ausgebreitet, so daß man sich mit dem Messer stets in der gleichen Entfernung von der Oberfläche halten kann; bei den höheren Tieren ist die Rinde aber in den tief einschneidenden Furchen sehr schwer zugänglich und erfordert oft, daß man auf der Höhe der Gyri tiefer eingeht, als es hier streng genommen statthaft ist. Ja aber selbst bei ganz oberflächlichen Läsionen, bei denen sicher nur die Rinde getroffen wurde, fanden sich später beträchtlichere Zerstörungen. Edinger hatte Gelegenheit, Hundegehirne zu untersuchen, bei denen Hitzig zum Teil ganz oberflächliche Abtragungen vorgenommen hatte [106, 137]). Hier fanden sich nun dicht unter der Wunde Blutergüsse und Cysten, welche es sehr problematisch erscheinen lassen, ob es bis jetzt gelingt, reine Rindenabtragungen auszuführen. Nach Edinger[137]) liegt z. B. bei allen Operationen in der okzipitalen Hälfte die Gefahr der Nebenverletzung der Sehstrahlung vor.

Es wäre von größtem Interesse, die Ursache für das Auftreten solcher den Ort der direkten Läsion überschreitenden Nebenwirkungen zu ermitteln. Hitzig dachte an die Verletzung der Blutgefäße. Daneben scheint mir vor allem das Auftreten von Prolapsen in Frage zu kommen. Bei Eröffnung des Schädels drängt sich, besonders bei jungen Tieren (Paneth[254])), die weiche Hirnmasse aus der Schädellücke hervor und geht durch Ernährungsstörung zugrunde. Leider haben die meisten Autoren, welche partielle Rindenexstirpationen vornahmen, keine Stellung zu diesen Fragen genommen,

so daß man (wenigstens aus der mir zugänglichen Literatur) bisher zu wenig über den besten Weg zur Vermeidung unerwünschter Nebenwirkungen orientiert ist.

Zwei Dinge scheinen aber vor allem zu berücksichtigen zu sein. Einmal die Art der Schädelöffnung und die Frage ihrer weiteren Behandlung und zweitens die Art des zur Ausschaltung der Rinde gewählten Eingriffs.

Man könnte der Ansicht sein, daß eine möglichst kleine Schädelöffnung den Prolaps am sichersten verhindere. Bei sehr kleiner im Bereich weniger Millimeter sich bewegender Öffnung ist dies wohl auch der Fall; im übrigen lehrte aber die Erfahrung, daß eine größere Öffnung die Gefahr des Prolapses vermindert (Paneth[254]), so daß einer breiten Eröffnung der Vorzug einzuräumen wäre. Andererseits wäre der Prolaps zu vermeiden oder einzuschränken, wenn die nur klein angelegte Schädelöffnung möglichst schnell nach dem Eingriff wieder verschlossen würde.

Weiter kommt, wie gesagt, die Art des operativen Eingriffs in Frage. Hitzig[137]) hat die verschiedensten Verfahren angewandt, Anätzung, Unterschneidung, Umschneidung mit Messer. und Abtragung mit Präparatheber, Umschneidung und Abtragung des an einem Zipfel erfaßten Rindenstückes mit der Cooperschen Schere, Skarifikation; die geringsten Nebenwirkungen werden nach Hitzig bei der Unterschneidung erhalten. Auch Sherrington führt (nach Angabe Herings[129])) immer die Unterschneidung der Rindenbezirke aus. Sehr zweckmäßig ist auch das Verfahren von Kalberlah[151]), die Dura nicht abzutragen, sondern nur zu spalten und nun die Rinde unter der Dura weg flach strichförmig anzuschneiden. Es dürfte jedenfalls dem möglichst scharf schneidenden Instrument (etwa Starmesser, das z. B. Franz[93]) verwendet) der Vorzug zu geben und von dem von manchen verwendeten scharfen Löffel sowie dem Galvanokauter abzuraten sein. (Das schließt nicht aus, bei ganz punktförmigen Läsionen eine feine glühende Drahtschlinge oder die Absaugung zu verwenden.)

Soweit die angeführten von den Autoren gemachten Angaben ein Urteil zulassen, liegen hier also in technischer Beziehung noch manche unerledigte Fragen vor, die in Zukunft weiter zu bearbeiten sind. Mehr als bisher hat dabei die genaue mikroskopische Untersuchung bei der Bewertung der operativen Resultate mitzusprechen.

Nachdem im vorigen eine Übersicht über die in der Literatur niedergelegten Angaben, soweit sie mir bekannt geworden sind, gegeben wurde, möchte ich nunmehr noch über einige eigne Erfahrungen berichten, bei welchen ich möglichst reine Ausschaltungen begrenzter Rindenpartien im Bereich der motorischen Zone (ca. 1—3 qcm Größe) zu erreichen suchte. Die Angaben beziehen sich auf Katzen und Hunde. Letztere sind wegen der festeren Dura geeigneter. Der Knochen wird in beträchtlich größerem Umfang entfernt, als der Läsion entspricht, damit man bei der Unterschneidung genügend Platz zur Führung des Instrumentes hat. Die Dura wird lappenförmig gespalten und zwar derart, daß die Schnittlinie überall $^1/_2$—1 cm vom Knochenrand entfernt liegt, wodurch ein Andrücken der Hirnsubstanz an diesen Rand verhindert wird; die Basis des Lappens wird nach dem Stirnhirn hin verlegt, weil an dieser Seite sich der Temporalmuskel weniger vollständig über den Defekt vernähen läßt. Die Dura wird ringsum mit

den beschriebenen Häkchen zurückgezogen und nun die auszuschaltende Rindenpartie 2—3mm tief mit einer gegen den Stil schaufelartig abgebogenen Hohllanze unterschnitten. Die Größe des doppelschneidigen Messers richtet sich nach der Größe der beabsichtigten Läsion. Man schiebt es zweckmäßig derart unter die Rinde, daß die sichtbaren Gefäße intakt bleiben, weil dadurch die Blutung vermindert wird. Das unterschnittene Stück wird an Ort und Stelle gelassen und nun nach Auflegen der Dura durch sanften Druck mit Tupfer die Blutung gestillt. Ich halte es für wesentlich, nunmehr die Dura möglichst exakt zu vernähen, was bei nicht zu jungen Hunden besonders gut ausführbar ist. Freilich ist es nicht überall möglich, die Schnittränder völlig dicht aneinander zu ziehen, es genügt aber auch, sie durch vorsichtiges Zuziehen der Fäden nahe aneinander zu bringen. Da der Duralappen wesentlich größer ist, als die Hirnläsion, liegen intakte Teile unter den Nahtlücken, Teile, welche nicht in Gefahr sind, durch die engen Spalten herausgedrückt zu werden. Nach vollendeter Duranaht wird der Temporalmuskel über die Knochenlücke gezogen und fest vernäht, wodurch ein sehr wirksamer weiterer Schutz gegen Prolaps gebildet wird. Hinten und in der Mitte kann der Muskel an die Faszie des gleichen Muskels der anderen Seite vernäht werden, vorne nimmt man zweckmäßig das subkutane Gewebe mit zur Hilfe. Zum Schluß folgt die Hautnaht und ein Stärkeverband. Das Ergebnis der eingehenden mikroskopischen Untersuchung, welche ich Herrn Privatdozent Dr. Spielmeyer verdanke, war recht befriedigend. Wie der in Fig. 30 wiedergegebene Schnitt zeigt, ist nicht nur die Unterschneidung ohne in die Tiefe greifende Läsion geglückt, sondern auch die getrennte Rindenpartie erhalten geblieben.

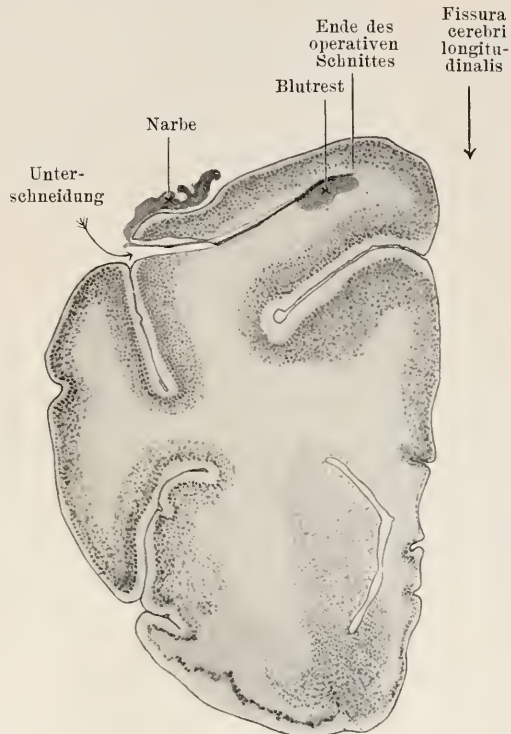


Fig. 30.
Frontalschnitt der linken motorischen Region des Hundes, $3^1/_2$ Wochen nach Unterschneidung der Rinde. (3fach vergr.)

Bei Affen verfüge ich über keine eigenen Erfahrungen. Es sei hier noch auf die Möglichkeit verwiesen, besonders an jüngeren Tieren bei denen der Temporalmuskel schwach entwickelt ist und die Schädelform sich eignet, die osteoplastische Methode anzuwenden, die von Krause[169]) bei Operationen am Menschen zu großer Vollkommenheit ausgebildet ist (S. 20). Im übrigen dürfte auch bei Affen die Naht der Dura zum Ziele führen, und eventuell

nach Horsley und Schäfer[145]) ein hart werdender Kollodiumverband gegen Prolapsgefahr anzuwenden sein; es ist klar, daß diese bei dem osteo-

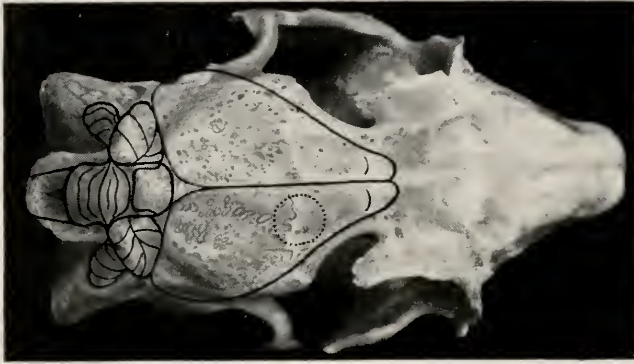


Fig. 31.
Topographie des Kaninchengehirns. (Natürl. Größe.)
◌ Trepanationsort für die motorische Gegend.

plastischen Verfahren, bei welchem ein Deckel aus Haut und Knochen gebildet wird, kaum in Betracht kommen kann.



Fig. 32.
Topographie des Hundegehirns. (³/₄ natürl. Größe.)
S. cr. = Sulcus cruciatus; *S. Sy.* = Sulcus Sylvii; *S. s. o.* = Sulcus supraorbitalis (Hauptstirnfurche); *S. e. s.* = Sulcus ectosylvius; *S. s. s.* = Sulcus suprasylvius.

Betreffs anderer Methoden zum Verschluß der Schädellücke kann auf das im allgemeinen Teil Gesagte verwiesen werden (S. 21).

Zieht man es aus besonderen Gründen vor, das Rindenstückchen ganz zu entfernen, wodurch natürlich eine vielleicht schädliche Lücke entsteht, so kann auf das Verfahren Krauses[169]) hingewiesen werden, am Menschen die zum Rindenstückchen führenden Gefäße doppelt zu unterbinden und an den inneren lang gelassenen Fäden das zu exzidierende Stück etwas anzuheben und zwischen den Ligaturen zu durchschneiden. Nach der Entfernung wird der Duralappen zweckmäßig eine Zeitlang auf den Defekt gedrückt gehalten, bis er ihm fest anhaftet.

Nur weniges ist hier noch über die Methode der Umschneidung eines Rindenstückes zu sagen, die von Exner und Paneth[85]) benutzt wurde.

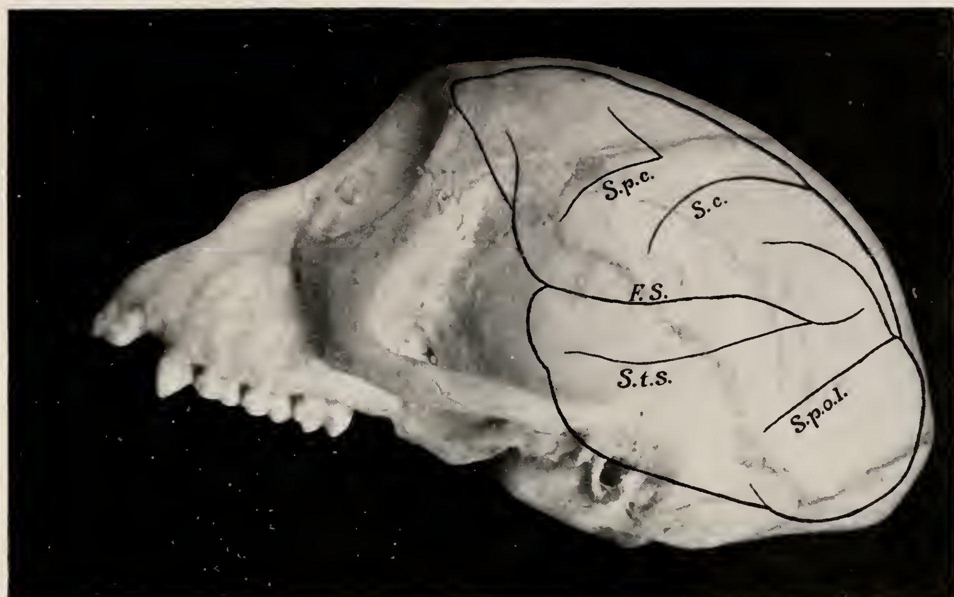


Fig. 33.

Topographie des Affengehirns (junge Meerkatze). (Etwas über natürl. Größe.)
S. c. = Sulcus centralis; *S. p. c.* = Sulcus praecentralis („Hauptstirnfurche"); *F. S.* = Fissura Sylvii; *S. t. s.* = Sulcus temporalis superior; *S. p. o. l.* = Sulcus parieto-occipitalis lateralis („Affenspalte). Am Os parietale ist die Ansatzlinie des Temporalmuskels aufgezeichnet.

Man beabsichtigt damit, das Stück mit der Projektionsfaserung in Verbindung zu lassen, im übrigen aber von anderen Rindenteilen völlig zu isolieren. Die Technik der Freilegung und des Wiederverschlusses ist die zuletzt geschilderte. Der Schnitt selbst bedarf großer Vorsicht zur Erhaltung der Pialgefäße; die genannten Autoren drückten das 6—7 mm tief eingestochene Messer mit dem Rücken gegen den Finger oder einen Skalpellstil, wodurch die Hirnsubstanz durchquetscht wurde. Nach den bisherigen Untersuchungen ist es etwas zweifelhaft, ob es gelingt, einen Rindenteil im Zusammenhang mit seiner Projektionsfaserung funktionell zu isolieren, ohne daß durch ungewollte Ernährungsstörungen der umschnittene Teil zu stark geschädigt wird (vgl. hierzu Schäfer[292])).

Über die spezielle Technik kleinerer Rindenläsionen ist nach dem in den letzten Abschnitten Gesagten nicht mehr viel hinzuzufügen. Will

man nur eine Trepanation ohne breitere Eröffnung ausführen, so ist es wichtig, die Projektion des Gehirns auf die Schädeloberfläche zu kennen. In den Abbildungen 31—33 gebe ich diese für das Kaninchen, den Hund und einen jungen Affen (Cercopithecus, Meerkatze) nach eigenen Präparaten.*) Für die motorische Zone der Extremitäten vgl. auch Fig. 51.

Bei der topographischen Orientierung an der Schädeloberfläche ist es meist wichtig, die Nähte zwischen den einzelnen Schädelknochen zu erkennen. Es sei deshalb darauf hingewiesen, daß auch bei älteren Tieren der Nahtverlauf bei der Operation sehr gut sichtbar wird, wenn man den Knochen nach Entfernung von Haut und Periost ein wenig an der freien Luft antrocknen läßt.

Nach dem früher Gesagten sind auch die medialen, dem Hirnspalt zugewandten Teile der Hemisphäre überall zugänglich; man entfernt nach Munk[230]) das Knochendach über dem Sinus und schiebt diesen beiseite. Horsley und Schäfer[145]) verwenden am Gyrus fornicatus zur Exstirpation ein besonderes gekrümmtes Messer.

10. Hypophyse und Corpus pineale.

1. Hypophyse.

Obwohl es sich bei der Hypophyse vom funktionellen Standpunkt aus nicht um einen Teil des Zentralnervensystems handelt, soll die Technik ihrer Exstirpation doch hier Platz finden, da sie sich in vielen Punkten an schon beschriebene Methoden anschließt und da andererseits die Technik der Hypophysenexstirpation wertvolle Anhaltspunkte für Operationen an den benachbarten Hirnteilen, besonders den Nerven gibt.

Die Hypophysenexstirpation wurde bei Kaninchen, Katzen und Hunden schon von den verschiedensten Autoren ausgeführt (Vassale und Sacchi[356]), Biedl[37]), Biedl und Reiner[38]), Friedmann und Maas[97]), Friedmann[98]), v. Cyon[65]), Paulesco[256]), Livon[201]) u. a.). Das Organ ist auf drei verschiedenen Wegen erreicht worden, vorwiegend von der Seite und von unten, sowie beim Kaninchen von oben. Das Verfahren ist für die einzelnen Versuchstiere verschieden: für das Kaninchen folge ich den Angaben von v. Cyon, für die Katze hauptsächlich der Beschreibung von Friedmann und Maas, da es diesen Autoren gelang, die Tiere längere Zeit am Leben zu erhalten.

*) Für die Projektion von der Seite wurden die gefrorenen Schädel etwas seitlich von der Mittellinie sagittal durchsägt und die größere „Hälfte“ in Formalin gehärtet. Das Gehirn wurde dann mitsamt der Dura möglichst intakt herausgenommen, der Schädel nach Abkochen in dünner Kalilauge skelettiert und nach Benzinbehandlung gebleicht. In den Schädel wurden einige kleine Löcher gebohrt und durch diese in das wieder hineingelegte Gehirn Stecknadeln als Koinzidenzmarken eingesteckt. Schädel und Gehirn wurden in genau entsprechender Stellung photographiert und in den Abzug der Schädelphotographie die Umrisse des Gehirns unter Berücksichtigung der Koinzidenzmarken eingezeichnet. Entsprechend verfuhr ich für die Projektion von oben. — Erst nach Abschluß meiner eigenen, oben wiedergegebenen Projektionsversuche wurde mir das Werk von Flatau und Jacobsohn[91]) zugänglich, in welchem sich für eine große Anzahl von Tieren topographische Abbildungen, die bei Hirnoperationen weitere gute Dienste leisten können, finden, so daß auf dieselben verwiesen sei.

Kaninchen. Das von v. Cyon für die Operation von unten angegebene Verfahren dient nur für kurzdauernde Versuche. Nach Tracheotomie werden sämtliche Weichteile zwischen Zungenbein und Kehlkopf bis auf die Schädelbasis doppelt umstochen und nach Unterbindung durchschnitten. Das Zungenbein wird in die Höhe und nach vorn gezogen. An der der Hypophyse entsprechenden, an der Schädelbasis etwas hervorragenden Stelle wird ein Trepanloch von 2 mm angelegt. Eine kleine in der Mittellinie verlaufende Vene wird in ihrem vorderen Verlaufe mit Watte komprimiert.

Von der Seite gelangt v. Cyon zur Hypophyse nach vorsichtigem Ausschälen der einen Hemisphäre.

Biedl und Reiner gehen von der Mundhöhle aus vor; auch wurde der Weg von oben versucht, aber als weniger empfehlenswert befunden. (Nach breiter Eröffnung des Schädeldachs und Duralspaltung werden in diesem Falle beiderseits die Riechlappen durchtrennt und das Stirnhirn so weit emporgehoben, bis das Chiasma an der Basis sichtbar ist; die Nn. optic. werden vor diesem durchschnitten.)

Katze. Alle Autoren operierten hier von der Mundhöhle aus. Das Maul wird maximal geöffnet, die Zunge weit herausgezogen. Nach Friedmann und Maas, deren Verfahren im wesentlichen mit demjenigen früherer Autoren übereinstimmt, wird das mittlere Drittel des weichen Gaumens in der Mittellinie durchschnitten, die Hälften mit Gewichtshaken auseinander gezogen; in der Mittellinie des Keilbeinkörpers werden Schleimhaut und Periost eingeschnitten und mit dem Raspartorium entfernt. In der Mitte des nun freiliegenden Keilbeinkörpers sieht man eine kleine leicht blutende Vertiefung (nach Vassale und Sacchi das Durchtrittsloch einer Vene), welche mit einem feinen Bohrer erweitert wird, worauf man mit einem Spiralbohrer von 4 mm Durchmesser genau in der Mittellinie durchbohrt. Das Loch wird unter Vermeidung des seitlich liegenden Sinus cavernosus (Karotis) vorsichtig erweitert, indem man mittels feiner Knochenzange am hinteren Umfange des Loches einige Millimeter große Knochenstücke genau in der Mittellinie abkneift, und nach den Seiten mit einem schräg unter den Knochenrand geschobenen Meißel den Knochen stumpf zurückdrängt. Hierdurch kommen die Blutungen aus den Knochenvenen zum Stehen. Die Dura, durch welche man die Hypophyse hindurchsieht, wird genau in der Mittellinie gespalten und die Hypophyse mit einer stumpfen Sonde allseits umfahren. Nach Lockerung und Durchtrennung des Stils wird das Organ mit der Pinzette herausgenommen. Die Knochenlücke läßt man sich nur durch ein Blutkoagulum verschließen, die Gaumenschleimhaut wird mit einigen Seiden-Knopfnähten, die dauernd liegen bleiben dürfen, verschlossen. Dieselbe Operation hat Friedmann an jungen Kätzchen ausgeführt.

Vassale und Sacchi bilden an der Schädelbasis einen Schleimhaut-Periostlappen, dessen Stil 3—4 mm hinter den Proc. pteryg. liegt. Wegen ihres Verschlusses der Knochenöffnung und Reinigung des Operationsfeldes vgl. die Angaben für den Hund.

Hund. Bei kurzschnauzigen jungen Hunden verfährt v. Cyon in analoger Weise. An der Schädelbasis (an welcher nach Vassale und Sacchi die Vene fehlt) orientiert man sich nach den Proc. pteryg. Eine den hinteren Rand dieser Fortsätze verbindende Linie entspricht fast genau dem vorderen Rand der Hypophysenhöhle (vgl. auch Fig. 23). Der Knochen ist wiederum

genau zentral anzubohren; man führt zwischen die beiden Proc. pteryg. ein viereckiges Kartonstück ein und verzeichnet dessen Mitte auf dem Keilbein. Als Trepane werden Zahnbohrer verwendet.

Bei langschnauzigen Hunden genügt nach Vassale und Sacchi der Zugang von der unverletzten Mundhöhle nicht allein. Es wurde deshalb ein Hohlmeißel durch einen in der rechten Regio subhyoidea geführten Schnitt ein wenig vor dem vorderen Rand des Masseters am Kiefer entlang eingeführt. Hierauf kann mit dem Instrument senkrecht zur Schädelbasis hantiert werden. Gegen Blutung aus der Knochenlücke wird tamponiert; das Organ wurde mit dem Thermokauter zerstört, oder durch Chromsäure, welche mit Pipette aufzutupfen ist. Da viele Tiere Infektionen bekamen, wurde die Knochenlücke in weiteren Versuchen mit Zement (in 2 ‰ Sublimat angemacht) oder meist mit Mastix (Präparat der Zahnärzte) verschlossen. Aus der Nasenhöhle sind die Blutkoagula sorgfältig zu entfernen.

Livon zieht nach dem Vorgang von Paulesco beim Hunde die Operation von der Seite vor. Die rechte Karotis wird ligiert, die Haut auf dem Schädel median durchschnitten, der rechte Temporalmuskel transversal durchtrennt. Nach Beseitigung des Muskels wird der Knochen auf der rechten Seite möglichst weit nach unten freigelegt, wenn nötig unter Resektion des Jochbogens; der Proc. coron. des Unterkiefers braucht hingegen nicht reseziert zu werden, er rückt bei weiter Öffnung des Mauls genügend herab. Nach Freilegung der Seitenteile des Gehirns bis zur Basis und vorsichtigem Aufheben des Gehirns sieht man bei Beleuchtung mit Stirnspiegel die gelb-rötliche Hypophyse (sowie den Opticus und Oculomotorius). Nachher wird die Dura reponiert, Muskulatur und Haut vernäht.

Es sei an dieser Stelle noch auf das Verfahren von Karplus und Kreidl[160]) hingewiesen, welche (bei Gelegenheit anderer Eingriffe an der Hirnbasis) sich die Übersicht über die basalen Teile dadurch sehr erleichterten, daß sie das Tier (vorwiegend Katzen), nach Anlegung einer umfangreichen Schädellücke in Rückenlage brachten; nach Spaltung der Dura sinkt die Hemisphäre abwärts, was durch eingeschobene Wattebäusche noch unterstützt werden kann.

Für Versuche am Affen dürfte außer den bisher erwähnten Verfahren noch der von Krause[169]) am Menschen zur Freilegung der Hypophyse eingeschlagene Weg wertvoll sein. Über den Augenbrauen wird ein osteoplastischer Lappen gebildet und extradural bis zum Keilbeinflügel vorgegangen; hier wird die Dura eröffnet, worauf sich der Nervus opticus, das Chiasma und die Karotis übersehen und mithin das durch diese Teile seiner Topographie nach bestimmte Organ erreichen läßt.

2. Corpus pineale.

Auch die Zirbeldrüse sei hier noch berücksichtigt. Am Kaninchen wird nach v. Cyon[66]) das Schädeldach abgetragen, die Dura jederseits des Sinus am Okzipitallappen gespalten; die Zirbel wird nach Hochhalten der Okzipitallappen mit Löffeln sichtbar.

II. Durchschneidung der Hirnnerven.

Die Operationen an den Hirnnerven sind hier insofern zu berücksichtigen, als durch sie eine vollständige Aufhebung der Verbindung zwischen den peripheren Aufnahmeapparaten und dem Zentralorgan, oder zwischen dem letzteren und dem Erfolgsorgan in der Peripherie vorgenommen wird. Diese Eingriffe werden am Stamm des Nerven vor den Verteilungsstellen ausgeführt, also in der Regel noch innerhalb der Schädelkapsel oder doch nahe an der Austrittsstelle außerhalb derselben.

Für das Kaninchen sind die operativen Angaben vorwiegend dem Werk von Krause[170]) entnommen, in welchem die Literatur angegeben ist und auch einige hier nicht angeführte mehr oder weniger unsichere Durchschneidungsmethoden für das Kaninchen enthalten sind.

a) Olfactorius.

Beim Kaninchen (Krause) wird nach einem Längsschnitt von 1,5 cm Länge zwischen beiden Augen der Schädel mit Trepan (7 mm) in der Mitte des Stirnbeins eröffnet; mit querem Skalpellschnitt werden die Lobi olfactorii abgetrennt.

Am Hunde (junge Tiere) nahm Schiff[301]) die Operation vor, doch gibt er keine nähere Beschreibung. Um Prolapse zu vermeiden, fand ich folgendes Verfahren zweckmäßig. Vorn etwas seitlich von der Mittellinie wird die Stirnhöhle breit eröffnet und ebenso ihr Boden (Schädelkapsel) mit Trepan und gebogener Hohlmeißelzange zum Teil abgetragen. Die intakt bleibende Dura wird vorn-seitlich vom Knochen stumpf abgehebelt, wobei die in die Siebplatte eintretenden Riechfäden abgerissen werden. Die Sonde wird bis auf die Hirnbasis geschoben und der vordere Hirnpol mit ihr umfahren, wobei sie immer möglichst dem Knochen anliegt. Orientierung an einem Schädelpräparat ist hierbei nützlich. Die uneröffnete Dura verhindert den Prolaps.

Über den Bulbus olfactorius vgl. S. 90.

b) Opticus.

Die Durchschneidung des Opticus kann durch die Exstirpation des Auges ersetzt werden, auf deren Technik hier nicht eingegangen werden kann. Die Durchschneidung des Nerven selbst wird in der Orbita oder in der Schädelhöhle vorgenommen.

Am Kaninchen erreicht Eckhard[72]) die Optici vom Nasenteil der Schädelhöhle aus. Nach Eröffnung über dem Riechhirn werden die vorderen Enden der Riechkolben abgelöst und diese stumpf zurückgeschoben, bis man die Optici bis zum Chiasma übersieht, worauf sie mit der Schere durchtrennt werden können. An den Tractus gelangt Eckhard ebenfalls am Kaninchen am besten nach Heraushebeln des Okzipital- und Schläfenlappens und teilweiser Entfernung des Großhirns.

Gross[116]) benutzt zur Durchschneidung des Sehnerven am Eintritt in die Orbita mittelgroße Hunde mit möglichst langgebautem Kopf. Etwa 1—2 cm hinter dem Auge wird ein nach vorn konvexer etwa 4—5 cm langer Bogenschnitt gemacht, dessen hinterer Teil dem oberen

Rande des Jochbogens entlang läuft. Nach Durchtrennung der Muskulatur (Temporalis) und Blutstillung durch Tupfer oder Unterbindung wird stumpf unter Vermeidung von Nerven und Gefäßen in die Tiefe vorgegangen. Nach Vordringen bis zu den Augenmuskeln wird die Blutung sorgfältig gestillt, der Opticus mit Pinzetten aus seiner Umgebung losgelöst, möglichst weit bis zur Austrittsstelle aus der Schädelhöhle hin verfolgt und dort durchschnitten (an einer Stelle also, an welcher die Art. centralis noch nicht in ihn eingetreten ist). Zur Erleichterung der Operation kann ein Stück Jochbogen entfernt werden.

Zur Durchschneidung des Chiasma in Längsrichtung sind von Nicati[242]) und Bernheimer[29. 30]) Verfahren angegeben worden.

Von Nicati wird der Schnitt „blind" ausgeführt. Ein besonderes Instrument (vgl. die Fig. der zit. Arbeit) wird von der Mundhöhle aus an der Grenze des knöchernen Gaumens und Gaumensegels eingestochen. Das Chiasma wird zwischen die Schneide des Instruments und Schädelbasis gedrückt und so durchschnitten. Das Tier (junge Katze) wird zwischen den Knieen gehalten.

Wesentlich sichrer ist die Methode, die Bernheimer beim Affen einschlug. Die ganze vordere Hälfte der beiden Hemisphären wird freigelegt, die Dura unter Schonung des Sinus zurückgeschlagen, sodann der Sinus vorne doppelt abgeklemmt, durchschnitten und nach hinten umgeschlagen. Die Tract. olfact. werden durchschnitten und die Stirnlappen auf breitem Spatel emporgehoben. Bei Reflektorbeleuchtung ist das Chiasma zu übersehen. Das zur Durchschneidung zu verwendende Messer ist lang, lanzetförmig und zweischneidig. Die Lanze ist der schneidenden Kante nach in einem Winkel von etwa 45° im Stile gebogen. Bei dem Schnitt sind nach hinten die großen Arterien zu vermeiden.

Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß auf Grund der Methoden zur Hypophysenexstirpation und überhaupt der Verfahren, in denen die Schädelbasis von der Mundhöhle aus erreicht wird, es wohl möglich sein dürfte, auch an das Chiasma heranzukommen. Daß letzteres bei der Freilegung der Hypophyse durch die unverletzte Dura sichtbar ist, wird von Biedl[37]) erwähnt. Auch bei dem Verfahren von Karplus und Kreidl (vgl. S. 100) sind unter anderem das Chiasma und der Anfang des Tractus opticus zu übersehen.

Auch den Tractus opticus konnte Bernheimer[29. 30]) beim Affen erreichen. Die Methode entspricht genau der eben geschilderten. Wird das Schädeldach genügend weit eröffnet, so kann man nach sorgfältigem Absaugen von Blut und Zerebrospinalflüssigkeit neben dem Chiasma eben noch den Anfangsteil des Tractus sehen. Um diesen sicher zu durchtrennen, muß man mit einem Graefeschen Schmalmesser dicht hinter dem Chiasma unter dem linken Tractus eingehen, und zwar so, daß das Messer flach auf der Schädelbasis mit nach hinten gerichtetem Rücken, und gegen den Mittelpunkt der Schädelbasis sehender Spitze aufliegt. Indem man das Messer auf den Rücken aufstellt und nach oben ausschneidet, gelingt es meist ganz gut, den Tractus vollkommen zu durchschneiden. Die basalen Gefäße müssen geschont werden.

c) Oculomotorius.

Direkt zugänglich ist beim Kaninchen der Nerv nach Großhirnentfernung und Durchschneidung des Lob. olf. und des Opticus (Krause[170])).

Bei jungen Katzen trepaniert Apolant[1, 2]) nach Spaltung des weichen Gaumens die Schädelbasis zwischen den Proc. pterygoidei, am Boden der Sella turcica. Mit einem durch die Hypophyse über den hinteren seitlichen Rand der Sattelgrube geführten Tenotom kann der Oculomotoris isoliert durchtrennt werden.

Apolant[2]) empfiehlt, junge Tiere im Alter von 2—4 Monaten zu wählen. Das Verfahren entspricht zunächst dem der Hypophysenexstirpation, auf dessen Darstellung mithin verwiesen werden kann. Zur Durchschneidung des Nerven dient ein Tenotom, ein kleines gebogenes Messerchen, welches mit schräg nach hinten und außen gerichteter Spitze durch die Hypophyse hindurchgestochen und unter vorsichtigem Tasten über den hinteren seitlichen Rand der Sattelgrube geführt wird. Es genügt dann ein kurzer, kräftiger, bei der Rückenlage des Tieres nach oben, gegen den Knochen, geführter Schnitt, um den Oculomotorius zu durchschneiden.

Braunstein[52]) durchsticht bei der Katze 1 cm vor dem äußeren Gehörgange mit dem Neurotom das Schläfenbein und gleitet unter gleichzeitiger Orientierung an einem Katzenschädel an dessen Pyramide nach innen vorne zur Medianlinie vor, um so zum Nerven zu gelangen.

Am Hunde liegt der Oculomotorius bei der Methode von Livon[201]) zur Exstirpation der Hypophyse (s. o.) frei.

Auch nach dem Verfahren von Karplus und Kreidl (siehe S. 100) kann der Oculomotorius freigelegt werden.

d) Trochlearis.

Wegen seines dorsalen Ursprungs ist dieser Nerv leichter zu erreichen. Am Kaninchen wird man nur den Okzipitalpol des Großhirns etwas abzuheben haben, um den Nerven am Tentoriumrande zu finden. Im übrigen dürfte das Verfahren von Livon[201]), sowie Karplus und Kreidl (S. 100) auch für den Trochlearis zum Ziele führen.

e) Trigeminus.

Am Kaninchen ist dieser Nerv nach v. Cyon[64]) durch Entfernung der Großhirnhemisphäre zu erreichen. Intrakraniell (Cl. Bernard, Longet; s. Krause[170]) und v. Cyon[64])) wird der Nerv mit einem Neurotom durchschnitten (Fig. bei Krause), das etwas vor und oberhalb des Meatus auditorius die Schläfenschuppe durchbohrt. Die Einzelheiten der Methode, die wie alle blinden Verfahren den Erfolg etwas dem Zufall überlassen, sind den angegebenen Stellen zu entnehmen.

Eckhard[71]) durchschneidet, ebenfalls am Kaninchen, den Trigeminus unter Leitung des Auges. Der Schädel wird über dem Flocculus cerebelli geöffnet, dieser selbst entfernt*), und dann die Öffnung zum Schädelinnern so erweitert, daß der Trigeminus deutlich freiliegt und mit der Schere sicher durchtrennt werden kann.

Nach Braunstein[52]) und Réthi[274]) kann man bei der Katze und dem Hunde den Trigeminus durch Emporheben der genügend freigelegten Großhirnhemisphäre mit einem gekrümmten Neurotom durchschneiden. Das knöcherne Tentorium cerebelli ist hierbei zu entfernen.

---

*) Die Methode ist S. 75 angegeben.

Spallitta [325]) ging in ähnlicher Weise beim Hunde vor. Der Jochbogen und der Proc. coronoid. des Unterkiefers werden reseziert.

Ferrier und Turner [87]) erreichen beim Affen den Nerven mit derselben Methode, die ihnen zur Freilegung des mittleren Kleinhirnstils (s. S. 77) diente. Der Nerv wird hierbei zwischen Ganglion Gasseri und Pons durchtrennt.

Sherrington [311]) hingegen schlägt beim Affen ein Verfahren ein, das dem eben für die anderen Säugetiere angegebenen entspricht. Der Temporalknochen wird breit eröffnet und die mittlere Schädelgrube durch Aufheben des Temporallappens freigemacht. Man sieht nun durch die Dura mater — bei Macacus rhesus leichter als bei sinicus — das Ganglion Gasseri und die Nervenstämme. Besonders leicht ist es, den ganzen Nerv proximal vom Ganglion zu durchtrennen.

Auch für die Trigeminusfreilegung wird sich das Verfahren von Karplus und Kreidl (s. S. 100), die Rückenlage anzuwenden, empfehlen.

f) Abducens.

Von den von Krause [170]) für das Kaninchen angeführten etwas unsicheren Verfahren abgesehen sind mir keine Methoden zur Abducensdurchschneidung in der Schädelhöhle bekannt. Da dieser Nerv am hinteren Rande der Brücke austritt, müßte er durch das Verfahren von Karplus und Spitzer (s. S. 71), bei welchem die Brücke freigelegt wird, zugänglich sein. Auf die Durchschneidung in der Orbita kann hier nicht eingegangen werden.

g) Facialis.

Im allgemeinen dürfte zur Ausschaltung des Facialis die Ausreißung aus dem For. styl. durch Torsion mit der Pinzette den Vorzug verdienen; man geht dicht unterhalb des knöchernen Gehörgangs ein und schiebt die Parotis zur Seite (Cyon [64])).

Ferner ist darauf hinzuweisen, daß der Facialis bei der intrakraniellen Acusticusdurchschneidung (s. u.) mit durchschnitten wird. Es kann also auch dieser Weg für den Facialis gewählt werden.

Für das Kaninchen findet man einige Verfahren bei Krause [170]) und v. Cyon [64]); der Nerv wird in der Schädelhöhle, von der Paukenhöhle aus, oder schließlich an seinem Austritt am Foramen styloideum erreicht.

Am Hunde geht Laffay [179]) vom Gehörgang aus vor, dessen knöcherner Teil von unten und vorn her freigelegt wird. Man dringt bis zur inneren Wand der Paukenhöhle vor, führt in das runde Fenster einen Zahnbohrer bis in die Tiefe von etwa 8 mm ein und wendet diesen nach oben und hinten. Durch Zerstörung der Schnecke und der Wand des Can. auditorius int. gelangt man zu den dort liegenden Nervenstämmen.

h) Cochlearis und Vestibularis (Octavus).

Die Durchschneidung dieser Nerven kann in der Regel durch die Herausnahme ihrer Endorgane ersetzt werden. Da diesen ein eigner Abschnitt dieses Handbuches gewidmet ist, genügen hier wenige nur die intrakranielle Durchschneidung des Nerven selbst betreffende Angaben.

Am Kaninchen erreicht Cyon[64]) diesen Nerv von dem Raum zwischen Atlas und Okziput aus durch vorsichtiges Verschieben der Medulla zur Mitte hin.

Bei der Katze kam ich in folgender, im Prinzip schon gegebener Weise zum Ziel. Nach medianem Hautschnitt werden die an der Knochenleiste der Hinterhauptschuppe auf der einen Seite inserierenden Nackenmuskeln (bei einseitiger Operation) abgelöst; schneidet man mit der Schere immer hart am Knochenrand, so tritt keine Blutung ein. Es wird so die ganze Okzipitalschuppe und die Membr. atl.-occip. freigelegt. Ohne Verletzung der genannten Membran oder der das Kleinhirn bedeckenden Dura wird der Knochen halbseitig zunächst bis an die Leiste (Linea semicircularis) entfernt, wobei man besonders weit zur Basis hin vorgeht, und Blutungen des Knochens mit Wachs stillt. Darauf wird auch die genannte Leiste überschritten und der Knochenrand sofort mit Wachs zugestrichen. Nach Entfernen des Blutes, in der Tiefe wenn nötig durch leichte Tamponade, kann man unter zur Mitteschieben des von der Dura bedeckten Kleinhirns und zu Hilfenehmen von künstlicher Beleuchtung den Durchtritt des Nervus octavus durch den Meatus acusticus internus sehen, und den Nerven mit einem kleinen Knopfmesser sicher unter Leitung des Auges durchschneiden. Das Kleinhirn wird dabei nicht nennenswert behelligt, wenn man die Knochenlücke nach vorn so weit angelegt hat, daß man die Kleinhirnhemisphäre (von der Dura bedeckt) bis zu ihrer größten Seitenausdehnung übersehen kann. Die intakte Dura und die sorgfältige Muskel- und Hautnaht schützen das Kleinhirn fernerhin vor Prolaps. Die Durchschneidung auch des Facialis dürfte sich kaum vermeiden lassen. Es ist sehr zweckmäßig, ein geeignetes Schädelpräparat bei der Operation zum Vergleich zur Hand zu haben.

Bumm[55]) hat am neugeborenen Kätzchen von der noch knorpeligen Pars mastoidea des Schläfenbeins aus mit einem an der Felsenbeinpyramide entlang tastenden Messer den Hörnerv durchrissen. Doch ist das Verfahren etwas unsicher.

In ähnlicher Weise, wie eben für die Katze beschrieben, jedoch intradural, verfuhr Loeb[202]) am Hunde zur Durchschneidung des Acusticus und Facialis.

Nach Freilegung der Membrana atlant-occip. und Loslösung des Temporalmuskels in seinem hinteren Teil wird der seitliche Teil des Hinterhaupt-, sowie Parietal- und Schläfenbeines herausgebrochen, der eröffnete Sinus verschlossen (mit in Eisenchlorid getränkten Schwammstückchen, besser wohl mit Wachs). Nach Eröffnung der Dura und Verschieben oder teilweiser Abtragung der Seitenteile des Kleinhirns werden Facialis und Acusticus am Eintritt in den Meat. ac. int. aufgesucht und gemeinsam durchtrennt. Zu Dauerversuchen dürfte sich diese Methode nur eignen, wenn es auf nachträgliches Zugrundegehen von Kleinhirnteilen (Prolaps) nicht ankommt. Sonst ist die extradurale Methode auch hier zu versuchen.

Weniger sicher erscheint das Verfahren von Bechterew[13]), welcher die Okzipitalschuppe seitlich freilegt und sie an einer (am Schädelpräparat leicht sichtbaren) ungewöhnlich dünnen Stelle durchbohrt. Mit einem winklig abgebogenen Messer geht er an der hinteren Oberfläche der Felsenbeinpyramide entlang nach unten und vorne bis zum Meat. acust. int., wo der Nerv durch einen Druck des Instruments durchschnitten wird.

Beim Affen gehen Ferrier und Turner[88]) von der Flocke des Kleinhirns aus vor. Die Seitenteile des Kleinhirns werden freigelegt und

zur Mitte gedrängt, so daß der Stil der Flocke sichtbar wird. Mit einem auf der ventralen Seite des Stils zwischen diesem und dem 8. Nerven angesetzten schneidenden Haken wird die Flocke abgetrennt. Nun ist der Nerv zugänglich.

Bei der großen Ähnlichkeit der anatomischen Verhältnisse zwischen Mensch und im besonderen jungen Affen kann hier noch auf die Methoden von Krause[169]) zur Freilegung der hinteren Schädelgrube am Menschen verwiesen werden. Es wird eine halbseitige okzipitale Haut-Knochenklappe angelegt, ein Duralappen nach unten umgeschlagen. Wird das Kleinhirn mit einem Spatel ganz allmählich zur Mitte geschoben, so lassen sich Acusticus und Facialis übersehen. Ferner sei daran erinnert, daß man am Affen den Sinus transversus der einen Seite ohne Schaden unterbinden kann.

Biehl[39]) endlich führte an Pferden und Schafen die isolierte Durchschneidung des N. vestibularis aus, der hier vom Cochlearis vom Ursprung an ganz getrennt verläuft.

Am Schaf*) (junge, höchstens 6 Wochen alte Tiere) wird nach Sagittalschnitt der Haut etwas hinter dem Scheitelbeinhöcker trepaniert, der Okzipitallappen ausgiebig freigelegt und nach Hochheben abgetrennt. Das Tentorium wird an der Innenseite des Sinus, ihm parallel durchschnitten. Das Tier wird nun mit der Operationsseite etwas höher gelagert, während der Operateur sich auf die gegenüberliegende Seite stellt. Die Nerven sind darauf zu übersehen und der Vestibularis zu durchschneiden.

i) Glossopharyngeus, Vagus und Accessorius.

Das Wurzelgebiet dieser Nerven wurde mehrfach in übersichtlicher Weise freigelegt. Es kommen die Arbeiten von Grossmann[118, 119]), Réthi[274]), Beer und Kreidl[19]), Kreidl[171, 172]), Schaternikoff und Friedenthal[293]) und Cadman[56]) in Betracht**).

Beim Hunde oder der Katze werden nach Cadman das Hinterhauptbein, die Membr. atlanto-occipit. und der Atlas freigelegt, die ganze Hinterhauptschuppe und ein kleiner Teil des hinteren Randes des linken Temporalknochens schnell entfernt, die starke Blutung aus dem eröffneten Sinus durch Wachs sistiert. Nach Eröffnung der Dura erreicht man durch vorsichtiges Verschieben des Kleinhirns die drei Nerven.

Am Kaninchen ist das genannte Wurzelgebiet nach Grossmann, Rethi, Beer und Kreidl, Schaternikoff und Friedenthal durch Freilegung der Medulla von der Dorsalseite her, eventuell mit Erweiterung des Hinterhauptloches, zugänglich; das Tier wird nach der Präparation, bei welcher Einfließen von Blut in den Subduralraum zu vermeiden ist, in Seitenlage gebracht, das Operationsfeld passend künstlich beleuchtet.

Ganz entsprechend ist die Operation beim Affen, wo ein Stück der Hinterhauptschuppe abgetragen wird (Kreidl[172])).

Der Accessorius kann für sich mit einem Irishäkchen aus dem Wirbelkanal herausgezogen werden (Grossmann[119]), Schaternikoff und Friedenthal[293])).

---

*) Die Operation am Pferde ist dem Original zu entnehmen.

**) Vergleiche auch die oben für den Acusticus angegebenen Verfahren.

k) Hypoglossus.

Der letzte Hirnnerv wird außerhalb der Schädelkapsel durchschnitten. Es sei hier nur bemerkt, daß man am Halse am großen Zungenbeinhorn eingeht (Krause [170]).

D. Methodik der Reizung von Zentralteilen.

I. Allgemeine Hilfsmittel.

a) Reizarten.

Wenn auch die elektrische Reizung an Wichtigkeit die erste Stelle einnimmt, so sind doch auch die übrigen geläufigen Reizarten vielfach mit Nutzen angewendet worden. An Chemikalien stehen für die Hirnrinde das Kreatin (Landois [182, 183]), Maxwell [212]) u. a.), für das Kleinhirn neuerdings (Pagano [252, 253])) das Kurare im Vordergrund. Über die Auswahl der geeigneten Stoffe entscheidet neben einer sicheren Reizwirkung das Fehlen einer stärkeren zerstörenden Wirkung*). Die Applikation der Mittel geschieht durch Aufstreuen auf die Oberfläche in Substanz oder durch Einspritzen in die Tiefe mit Pravazspritze. Von Kurare verwendet Pagano 0,1—0,3 ccm einer 1 % Lösung; die Spritze wird durch ein kleines Trepanloch eingeführt (vgl. auch Polimanti [262])). Auch Einspritzung der Stoffe in die Blutbahn wird vorgenommen, wenn eine diffuse Einwirkung auf das Gehirn beabsichtigt ist. Besonders sind Absinthinjektionen (intravenös) vorwiegend von englischen Autoren viel verwendet worden (Boyce [50]), Gotch und Horsley [113]), Hill [136]); bei letzterem weitere Literatur). Nach Hill gibt man bei Affen ca. $^1/_3$, bei Hunden ca. $^1/_2$ und bei Katzen ca. $^1/_5$ ccm.

Mechanische Reizungen kommen zunächst als Nebenwirkung bei zerstörenden Eingriffen in Betracht. Dementsprechend sind auch Einstiche und Einschnitte vielfach zur Reizung benutzt worden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Reizwirkungen im allgemeinen nur kurz andauern. Größere Bedeutung kommt der mechanischen Reizung bei Untersuchung der Rückenmarkswurzeln zu; bei dem engen Raum, auf den die Teile da zusammengedrängt sind, bietet die elektrische Reizung oft nicht die genügende Sicherheit gegen Fehlerquellen (Stromschleifen) und so ist an den Wurzeln das Quetschen mit der Pinzette (Schiff [300])) oder das Abbinden mit Faden (Stricker [340])) ein sehr wertvolles Reizmittel.

Für die elektrische Reizung kommt der konstante und der induzierte Strom in Betracht. Eine besondere Besprechung ist hier zunächst für die im letzteren Fall gebrauchten Elektroden notwendig. Bei bipolarer Reizung sollen die Elektroden 1—2 mm voneinander entfernt sein. Für alle Reizversuche am Zentralnervensystem sehr zweckmäßig und in neuerer Zeit viel verwendet ist die Methode der unipolaren Reizung (Negro [240])). Am einfachsten verbindet man den einen Pol des Induktionsapparates mit

*) Die allgemeinen Bedingungen der chemischen Hirnreizung untersuchte Maxwell [211]).

dem Kopfhalter oder einer der geschorenen Brust angelegten feuchten Kompresse; die differente Elektrode besteht aus einem feinen, am Ende mit kleinem Knopf versehenen oder einfach kurz umgebogenen Platindraht *). Bei der Biegsamkeit des Drahtes ist eine Verletzung der Hirnoberfläche ausgeschlossen. Eine zweckmäßige Form hat Sherrington [100]) der Elektrode gegeben (Fig. 34), indem er eine Drahtspirale einschaltete. Für aseptische Versuche genügt es gelegentlich, die Platinspitze einfach auszuglühen; in der Regel wird man es aber vorziehen, mit einer in toto sterilisierbaren Elektrode zu arbeiten. Am einfachsten ist es, durch ein an beiden Enden ausgezogenes Glasrohr einen Platindraht durchzuziehen und einzuschmelzen; die Elektrode kann nun im Dampf sterilisiert werden. Zur Vorsicht gegen Platzen kann seitlich eine kleine Öffnung im Glasmantel angebracht werden **). Zur Reizung unter der Oberfläche liegender Teile werden Nadeln verwendet, die bis an die Spitze mit Lack gut isoliert sind, oder die weiter unten beschriebenen und abgebildeten Nadeln nach Horsley und Clarke. Die Reizstärke wird je nach den besonderen Umständen zwar verschieden sein, doch kann als Regel der allgemeinen Erfahrung hingestellt werden, daß die geeigneten Ströme auf der Zunge



Fig. 34.
Unipolare Elektrode nach Sherrington.

gerade zu spüren sind, ohne unangenehm zu sein (Fritsch und Hitzig [99]) u. a.). Jedenfalls empfiehlt es sich, die Versuche mit dieser Stromstärke zu beginnen ***).

Bei zu starken Strömen treten Täuschungen durch Stromschleifen und bei Reizungen an der Hirnrinde Störungen durch „epileptische“ Krämpfe ein. Gelegentlich kann es notwendig sein, dennoch stärkere Ströme zu verwenden, dabei aber die Möglichkeit der Mitreizung benachbarter Oberflächenteile auszuschließen. Dafür ist die Anordnung zweckmäßig, welche Ewald [83]) beim Studium der Genese der Rindenepilepsie benutzte. Da eine einfache Umschneidung zwar die Ausbreitung des physiologischen Erregungsprozesses, nicht aber diejenige des Stromes hindern würde, wird ein kleiner dünnwandiger Glaszylinder einige Millimeter tief in die Hirnrinde so versenkt, daß er auch noch ein Stück über die Oberfläche hinausragt. Der Reiz wird auf dem derart abgegrenzten Oberflächenstück angebracht.

---

*) Dem üblichen Brauch folgend kann auch dann, wenn beide Elektroden dem Tier anliegen von unipolarer Reizung gesprochen werden, wofern die eine Elektrode (indifferente) einen sehr großen Querschnitt im Vergleich zur andren (differenten) besitzt.

**) Eine andere fertige und ebenfalls auskochbare Elektrode, von Krause [168]) angegeben, ist von Hirschmann, Berlin N., Ziegelstr. zu beziehen.

***) Die Platinspitze der sterilisierten Elektrode wird nach der Zungenprobe in der Flamme geglüht. Man kann die passende Stromstärke auch am freiliegenden Temporalmuskel (od. dgl.) des Tieres erproben.

In ähnlicher Weise verfuhren Jolly und Simpson[149]) an der motorischen Region des Affen. Eine dünne Kautschukplatte, deren einer Rand geschärft war, wurde in die Rinde am Boden der Zentralfurche so eingesenkt, daß sie nicht bis in die weiße Substanz reichte; von den hinter dieser Platte liegenden Teilen war nun keine Reaktion mehr zu erzielen. Zu dem gleichen Zweck des Schutzes gegen Stromschleifen benutzten die gleichen Autoren Messingplatten, die, zur Erde abgeleitet, auf die Hirnoberfläche gelegt wurden. Daß man schließlich, nach Gotch und Horsley[113]), die Vertiefung der Narkose benutzen kann, um auf Stromschleifen zu fahnden, wurde oben schon erwähnt (S. 34).

Zur Untersuchung der nicht direkt freiliegenden mittleren und unteren Fläche der Großhirnrinde benutzt Schäfer[290]) besondere Elektroden, bei welchen die Drähte mit paraffiniertem Papier bis auf ein Stück der einen Seite nahe der Spitze verdeckt sind; die Vorrichtung ist so geformt, daß sie leicht zwischen Dura und Hirn geschoben werden kann und der Reiz durch den unbedeckten Teil des Drahtes direkt dem gewünschten Punkt der verborgenen Oberfläche zugeleitet wird.

Für den konstanten Strom werden nach Bubnoff und Heidenhain[54]) unpolarisierbare Wollfaden-Elektroden verwendet, deren Fäden, dicht nebeneinander angebracht, den pulsatorischen und respiratorischen Hirnbewegungen folgen.

Die Möglichkeit, durch Anämie und Erstickung Reizungen größerer Abschnitte des Zentralnervensystems auszuführen, z. B. durch Abklemmen der Hirnarterien, bleibe an dieser Stelle nicht unerwähnt. Des näheren genügt es, hier auf die Methodik der indirekten Ausschaltung zu verweisen (S. 43 u. 53).

Schließlich kann noch die Erwärmung über die normale Temperatur hinaus wenigstens für einige Teile des Zentralnervensystems als eine Reizform besonderer Art angeführt werden. Die betreffenden Untersuchungen gingen aus von der Frage nach der Genese der bei Übererwärmung des ganzen Tieres auftretenden Veränderungen, besonders der Atmung, des Herzschlages und des Blutdruckes. Um die Möglichkeit peripher angreifender Reizwirkungen des übererwärmten Bluts auszuschließen, wandte Goldstein die künstliche Erwärmung des Karotidenblutes an. Wegen der Methodik muß auf die neuere Arbeit von Kahn[150]) verwiesen werden, in welcher man auch die zweckmäßigen Erwärmungsröhren abgebildet findet.

Eine Modifikation stellt das Verfahren von v. Cyon[63]) dar, bei welchem die zum Hirn führenden Gefäße unterbunden und in die Karotiden kopfwärts Röhren eingebunden werden, die mit einem Behälter defibrinierten Bluts verbunden sind, der auf erhöhte Temperatur eingestellt werden kann.

Eine direkte Erwärmung der Medulla, die von hinten her freigelegt wurde, wandten Stefani[335]) und Deganello[67]) an.

b) Besondere Reizvorrichtungen.

I. Vorrichtungen Ludwigs und seiner Schüler.

Mußte bei Schnittversuchen häufig die Aufgabe gestellt werden, Richtung und Ausdehnung des Schnitts vorauszubestimmen und genau zu kennen, so

erhebt sich bei den Reizversuchen ganz entsprechend die Notwendigkeit, einen Reiz nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in der Tiefe der Substanz an genau bekannter oder doch wenigstens nachträglich genau feststellbarer Stelle anzubringen. Hierzu ist wiederum das freihändige Verfahren durchaus unzulänglich; es ist vielmehr eine mechanische Führung der den mechanischen oder elektrischen Reiz vermittelnden Nadel notwendig.

Die erste der von Ludwig und seinen Mitarbeitern ersonnenen Vorrichtungen wurde von Birge[42]) angewendet. Es handelte sich um die Aufgabe, das Rückenmark des Frosches an den verschiedenen Stellen des Querschnitts durch Nadelstiche zu reizen. Das Tier befindet sich mit gut fixierter Wirbelsäule auf einem Brettchen, das durch Mikrometerschrauben in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen bewegt werden kann, die Verschiebung ist bis auf 0,01 mm ablesbar. Die zum Einstich verwendete feinste Nähnadel ließ sich in gerader Richtung heben und bis zu jeder beliebigen, aber genau ablesbaren Tiefe in das Rückenmark durch einen Zahntrieb senken. Die Stichrichtung konnte mit der Lage des Froschbrettchens variiert werden. Bei der anatomischen Untersuchung ließen die Stiche in der Regel keine zurückgelassenen Spuren erkennen, jedoch konnte eine bestimmte Stelle durch eine Reihe von dicht nebeneinander liegenden Einstichen genügend markiert werden. Die Stichrichtungen wurden in vergrößerte Umrißzeichnungen des Querschnitts eingetragen.

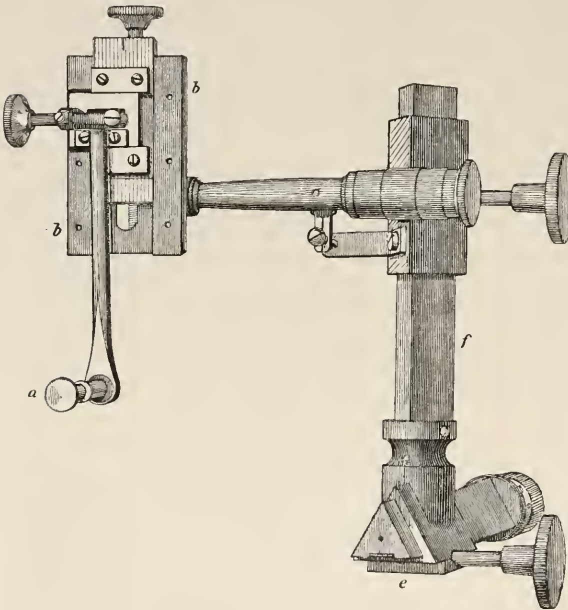


Fig. 35.
Apparat aus Ludwigs Laboratorium zur genauen Führung einer Reiznadel.
Nach Sirotinin.

In der ähnlichen Zwecken dienenden Einrichtung von Sirotinin[324]) (Fig. 35) ist die Nadel selbst an einem Stativ mit zwei groben Trieben und zwei Mikrometereinstellungen, die in den verschiedenen Richtungen senkrecht zu einander stehen, angebracht. Der gleiche Apparat wird nun auch zur unipolaren elektrischen Reizung verwendet, indem die Nadel mit dem einen Pol der Induktionsspule verbunden wird. Vor der Reizung mußten die durch den Einstich hervorgerufenen Zuckungen abgelaufen sein.

Am Kaninchen führte de Boeck[45]) entsprechende Versuche aus. Der Apparat entsprach im wesentlichen dem von Sirotinin benutzten; die

Nadel ragte, um Verbiegung zu verhindern, nur 15 mm über den Messingstift hervor, in welchem sie befestigt war.

2. Methodik von Horsley und Clarke.

Die im vorigen geschilderten sinnreichen Methoden der Ludwigschen Schule, deren Prinzip am Warmblüter später, wie es scheint, nur von Negro[240]) angewendet worden ist, wurden in neuester Zeit von Horsley und Clarke[143]) auf dem Wege unabhängiger Erfindung weiter ausgebildet und zu hoher Vollendung gebracht. Die Methodik der genannten Autoren, welche zu den besten in diesem ganzen Untersuchungsgebiet vorhandenen gehört, erscheint berufen, in Zukunft ein ebenso unentbehrliches wie ergiebiges Hilfsmittel zur Untersuchung des Zentralnervensystems zu werden. Obwohl an dieser Stelle streng genommen nur die eigentliche Reizvorrichtung Platz zu finden hätte, so soll doch eine zusammenhängende Darstellung des ganzen Verfahrens gegeben werden, da besonders die Methode zur topographischen Festlegung jedes beliebigen Punktes der Hirnmasse nur im Zusammenhang mit der Reizmethodik richtig gewürdigt werden kann.*)

Bei der durch die Schwierigkeit der zu lösenden Aufgaben notwendigen großen Kompliziertheit der Apparate ist es mir leider nicht möglich, auf dem mir zur Verfügung stehenden Raum alle Einzelheiten so zu beschreiben, daß danach die richtige Benutzung der Methode ohne weiteres möglich wäre, auch wäre dies ohne vollständige Mitteilung der zahlreichen Abbildungen und ihrer eingehenden Erläuterungen nicht möglich. Ich muß mich deshalb damit begnügen, die Grundzüge des Verfahrens zu schildern, so daß ein jeder zum mindesten beurteilen kann, wann dasselbe anzuwenden ist, und welche große Sicherheit den gewonnenen Ergebnissen zukommen wird.

Die Methodik der englischen Forscher besteht im Prinzip darin, daß ähnlich, wie oben beschrieben, eine Reiznadel in drei senkrecht zu einander stehenden Ebenen verschoben werden und die Verschiebung abgelesen werden kann, so daß man den Ort der Nadelspitze genau kennt. Die Methode geht aber über die Bemühungen der Ludwigschen Schule darin prinzipiell hinaus, daß für das ganze Gehirn eine genaue Topographie gegeben wird, nach welcher für jeden Punkt der Abstand von drei senkrecht zu einander stehenden Koordinatenebenen ermittelt werden kann. Da die Nadel in denselben drei Ebenen geführt wird, läßt sich ganz genau vorausbestimmen, wie die Nadel eingestochen werden muß, um einen gewünschten Punkt zu treffen.

Das von Clarke stammende topographische Verfahren, welches zunächst geschildert sei, projiziert das Schädelinnere nicht auf die Schädeloberfläche, sondern, wie schon angedeutet, auf drei Ebenen, eine sagittale, horizontale und frontale. Die Horizontalebene wird durch die Mitte beider äußeren Gehörgänge und die Mitten des unteren Randes der Orbita gelegt; die Frontalebene geht, zur vorigen senkrecht, durch die Mitten beider äußeren Gehörgänge, während die Sagittalebene den Schädel senkrecht zu den beiden vorigen Ebenen in Längsrichtung halbiert. Mit einem besonderen Instrument,

*) Über den der Zerstörung von Zentralteilen dienenden Teil der Methodik vgl. S. 42.

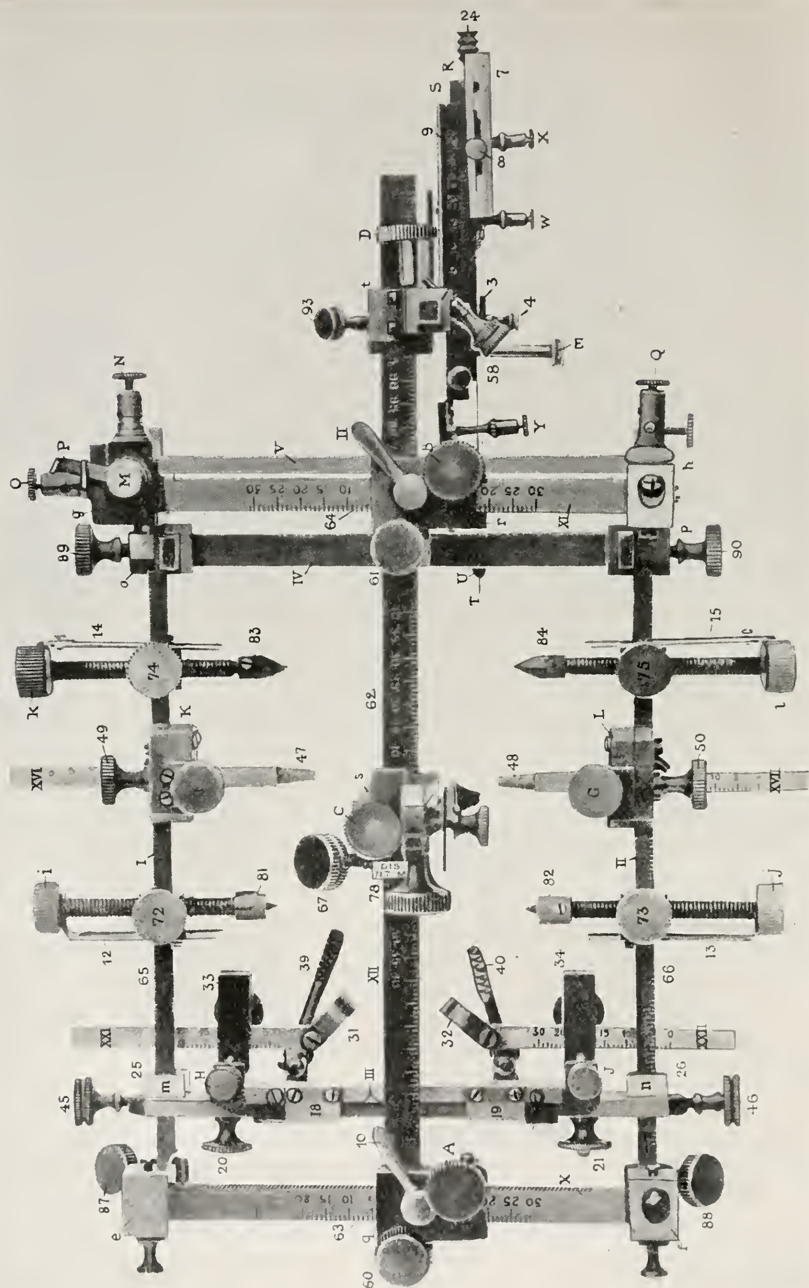


Fig. 36.
Clarkes „Stereotaxic apparatus“, von oben gesehen.

welches hier nicht näher geschildert werden kann, werden gefrorene Köpfe parallel zu den drei Ebenen in Scheiben von 1 mm Abstand geschnitten, aus denen die Koordinatenwerte für jeden Punkt des Gehirns entnommen werden können. Natürlich müssen die topographischen Daten an einem anderen Schädel gewonnen werden, als derjenige, an welchem die Operation vorgenommen wird; es eignen sich deshalb für diese Versuche Katzen und

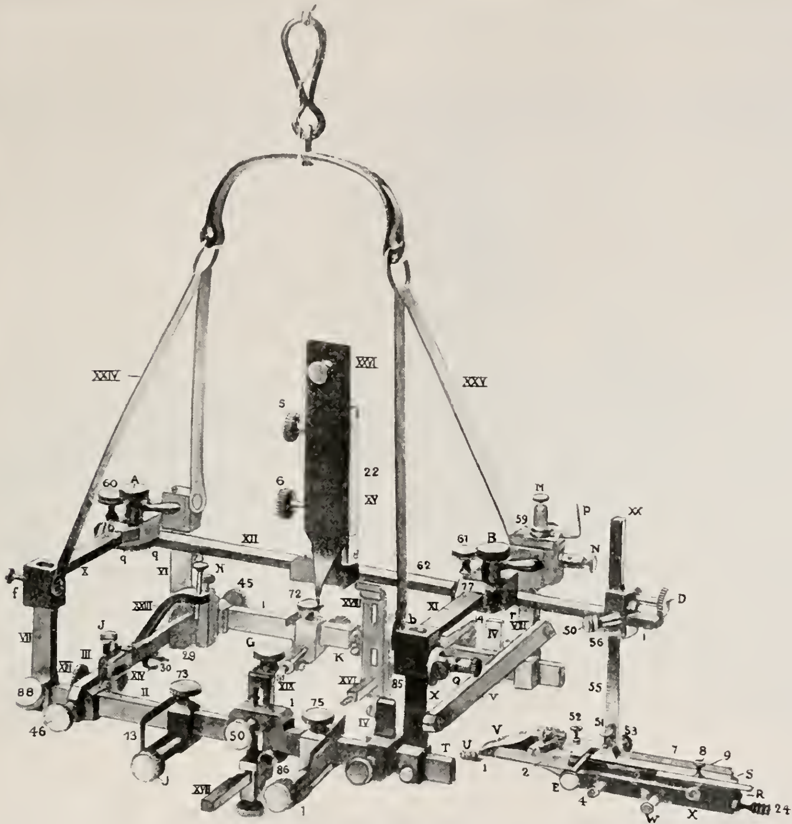


Fig. 37.

Seitenansicht von Clarkes Instrument.

besonders Affen, während bei Hunden die individuellen Unterschiede zu groß sind.

An dem der Nadelführung dienenden Teil des Apparats ist zunächst wesentlich, daß er am Kopf des Tieres selbst befestigt wird. Sein Grundbestandteil ist ein rechteckiger Rahmen (I, II, III, IV in den Figuren 36—39), der genau in der oben definierten Horizontalebene des Schädels angebracht wird; vorn ist er in der Höhe des unteren Orbitalrandes, hinten seitlich in

Zapfen (XVI, XVII) im Gehörgang befestigt. An den Ecken des Horizontalrahmens sind senkrecht stehende paarweise durch horizontale Stangen (X, XI) verbundene Pfeiler (VI, VII, VIII, IX) angebracht; die Mitte der in Millimeter geteilten Stangen, welche der Sagittallinie entspricht, ist mit Null bezeichnet. Auf den genannten Stangen (X, XI) (Transversalführung) ist mit Zahn und Trieb eine Längsstange (XII) (Sagittalführung) verschieblich, welche wiederum eine der Frontalebene entsprechende Nullmarke trägt und von diesem Punkt aus nach vor- und rückwärts graduiert ist. Der eigentliche Nadelhalter (XV) schließlich gleitet auf der Sagittalführung und auch hier

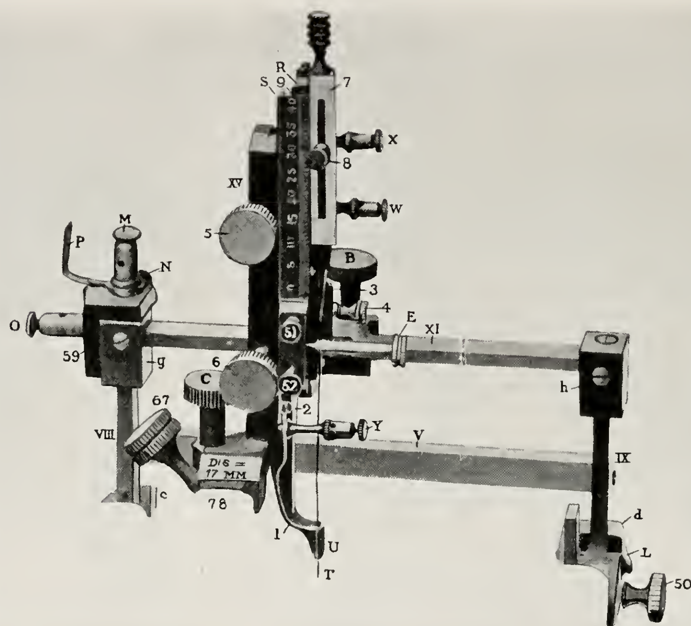


Fig. 38.
Hinteransicht von Clarkes Instrument (hintere Hälfte); die Nadel für senkrechtes Einstechen aufgesetzt.

ist wieder die Stellung an einer Teilung ablesbar. Die Nadel läßt sich weiterhin nicht bloß von oben her senkrecht zur Horizontalebene vorschieben, sondern auch von hinten her senkrecht zur Frontalebene. In beiden Fällen entspricht der Nullpunkt der Skala der Stellung, in welcher die Nadelspitze die betreffende Ebene erreicht. Soll die Nadel von hinten eingeführt werden, so ist sie an der Sagittalführung in besonderer Weise (mittels rechtwinklig nach unten führender Stange XX) verbunden. Eine nähere Vorstellung des Instrumentes mögen die der Arbeit von Horsley und Clarke entnommenen Figuren 36—39 geben; wegen weiterer Einzelheiten muß auf das Studium der Erläuterung der Abbildungen und der Originalabhandlung verwiesen werden.

Einer besonderen Besprechung bedürfen noch die Vorrichtungen, durch welche gewährleistet wird, daß der horizontale Rahmen genau in die entsprechende Ebene

zu liegen kommt. Sie ist in Fig. 39 für sich gesondert wiedergegeben, in der vorwiegend für Katzen geeigneten Form. (Für Affen ist der entsprechende Teil im Original näher erläutert und abgebildet.) Dieser Apparatteil wird an dem Kopf befestigt durch die Infraorbitalträger (31, 32 in den Abb.), welche an dem unteren Rand der Orbita einige Millimeter in sie hineinragen, und durch die horizontalen Kieferstangen, welche in den Mund geführt werden, und mit den vorigen zusammen den Oberkiefer festhalten. Sowohl die Infraorbitalträger als auch die Kieferstangen sind transversal und horizontal beweglich und lassen sich Köpfen verschiedener Größe (auch größeren Vögeln) anpassen. Im übrigen besteht der Vorderteil des horizontalen Rahmens, an welchem eben die besondere Anpassungsvorrichtung angebracht ist, aus zwei dünnen Platten, der nasalen und der orbitalen (XIII und XIV); sie lassen sich gegeneinander durch Schrauben (H, J) in senkrechter Richtung verschieben. An der Nasalplatte sind die Seitenstangen des Horizontalrahmens angebracht (in den Schlitzen m und n). Um den unteren Rand der nasalen Platte, wie notwendig, mit der horizontalen Ebene des Schädels zusammenfallen zu lassen, wird mit einem Kaliber die senkrechte Höhe der Orbita gemessen und der ausgeschweifte Teil der Nasenplatte in die Höhe des oberen Orbitalrandes gestellt (bei Affen findet hier die Befestigung des Apparates statt); durch Ablesung an der Millimeterskala der Schrauben läßt sich nun feststellen, wann sich der untere Rand des Rahmens in der horizontalen Ebene befindet.

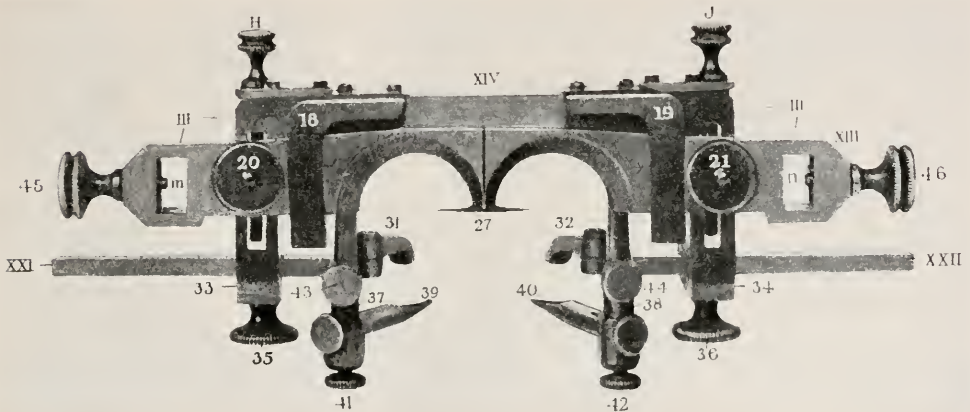


Fig. 39.

Clarkes Instrument, Vorderansicht der orbitalen Anpassung (für verschiedene Tiere).

Erläuterung zu den hauptsächlichsten Teilen der Apparate von Horsley und Clarke (Fig. 36—39).

I II Rechte und linke Seitenstangen des horizontalen Rahmens.
III IV Frontale und okzipitale Stange.
V Okzipitale Stütze.
VI VII VIII IX Rechte und linke vordere und rechte und linke hintere Eckpfeiler.
X XI Vordere und hintere Transversalführung.
XII Sagittalführung.
XIII XIV Nasale und orbitale Platte.
XV Nadelhalter.
XVI XVII XVIII XIX Rechte und linke Ohrzapfen.
XX Vertikalstange.
XXI XXII Stangen der rechten und linken Infraorbitalträger.
XXIII Supraorbitalträger.

XXIV XXV Hintere und vordere Schlinge.
A und B Triebschrauben zur Bewegung der Sagittalführung auf der vorderen und hinteren Transversalführung.
C Triebschraube zur Bewegung des Nadelhalters auf der Sagittalführung.
D Triebschraube zur Bewegung der Vertikalführung.
E Triebschraube für die Schlittenverschiebung der Nadel.
F G H I K L Schrauben und Teile der Anpassung an Orbita und Ohr.
M N Enden der Leitung von Batterie und Nadel (Kathode).
Q Enden der Leitung von Batterie und Nadel (Anode).
R Hartgummilager des Nadelhalters.
S Scheide des Nadelhalters.
T Nadel.
e f Rechtes und linkes Endverbindungsstück der vorderen Transversalführung.
g h Rechtes und linkes Endverbindungsstück der hinteren Transversalführung.
i j k l Seitenschrauben zur Befestigung des Rahmens.
m n Rechte und linke Gleitverbindung der nasalen Platte.
o p Rechte und linke Gleitverbindung der okzipitalen Stange.
q r Zwei-Wege-Verbindungsstück auf der vorderen und hinteren Transversalführung.
t Zwei-Wege-Verbindungsstück mit Zahntrieb und Schlittenlager an der Vertikalführung.
1 2 Teile der Scheide des Nadelhalters.
3 4 Hartgummileiste und Schraube am Nadelhalter.
5 6 Schrauben zur Befestigung des Nadelhalters an der Vertikalführung.
9 12-15 18 19 22 55 62-66 Millimeterteilung an den verschiedenen Teilen des Apparats.
10 11 Klemmen zur Befestigung der Schiebeverbindung an der vorderen und hinteren Transversalführung.
20 21 Rechte und linke Schraube zur Befestigung der Orbitalanpassung.
23 Schraube, welche die Stirn auf den Supraorbitalträger herabdrückt.
27 Nadel, welche den unteren Rand der nasalen Platte und mithin die vordere Grenze des horizontalen Rahmens anzeigt.
29 30 Rechter und linker supraorbitaler Träger.
31 32 Rechter und linker infraorbitaler Träger.
37 38 Rechte und linke vertikale Kieferstange.
39 40 Rechte und linke horizontale Kieferstange.
45 46 Schrauben zur Befestigung der rechten und linken Gleitverbindung der nasalen Platte.
47 48 Zugespitztes Ende der rechten und linken Ohrzapfen.
49 50 Rechte und linke Schraube zur Fixierung der Ohrzapfen.
51 52 Schrauben zur Befestigung des Nadel-Zahntriebs.
53 Schraube zur Befestigung des Nadelhalters an der Vertikalführung.
60 61 Schrauben zur Fixierung der Sagittalführung in den Gleitverbindungen der vorderen und hinteren Transversalführung.

Über die Form der Nadeln ist, soweit sie den Zwecken der elektrolytischen Zerstörung dienen, schon S. 43 einiges mitgeteilt worden. Auch die zur Reizung dienenden Nadeln sind aus Platin-Iridium angefertigt und in außerordentlich geschickter Weise durch Einschmelzen in Glaskapillaren isoliert. Während zur elektrolytischen Zerstörung unipolar verfahren wird, dient zur Reizung die bipolare Methode mit Doppelnadeln oder den ebenfalls bipolaren Ringnadeln, welche in Fig. 40 vergrößert sowie in natürlicher Größe wiedergegeben sind. Wie man sieht, sind bei der Doppelnadel zwei feinste Drähte jeder für sich in einer Glaskapillare eingeschmolzen, beide Kapillaren dann aneinander geschmolzen; auch die Ringelektrode besitzt zwei

Glaskapillaren; während der eine Draht spitz endet, umschließt der andere mit seinem Ende ringförmig die Kapillare des erwähnten spitzen Pols.*)

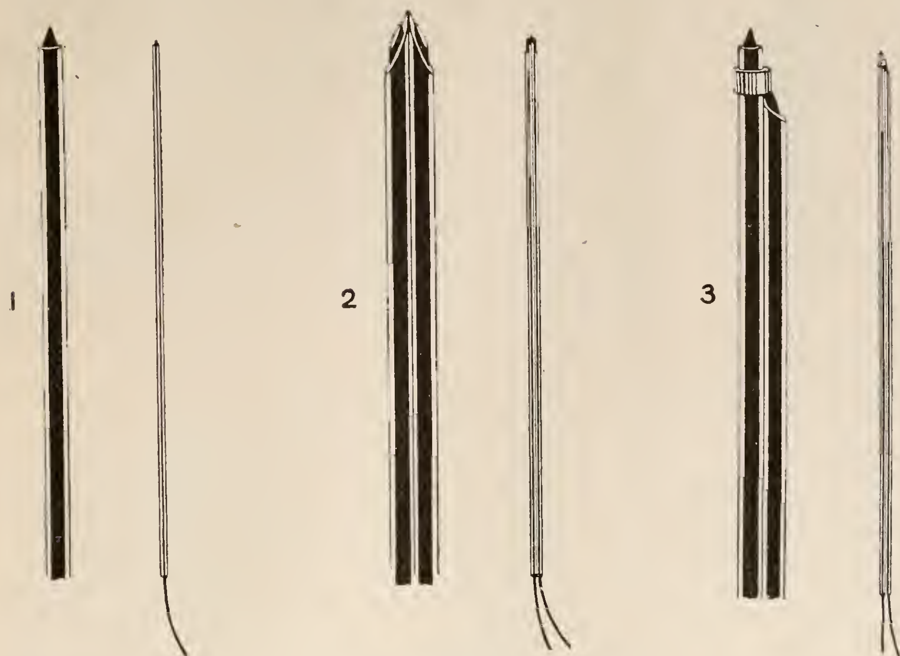


Fig. 40.
Nadeln nach Horsley u. Clarke zur Reizung und elektrolytischen Zerstörung.

Um aseptische Operationen zu ermöglichen wird das ganze Instrument mit absolutem Alkohol, die Nadeln mit starken Säuren behandelt.

3. Ewalds Rindenreizung am freilaufenden Hunde.

Bei den gewöhnlichen Reizverfahren ist man stets auf einen mehr oder weniger unnormalen Zustand des Tieres angewiesen (Narkose, Fesselung). So wertvoll die Resultate trotzdem sind, wenn man nur dafür sorgt, daß ein möglichst konstanter und in seinen Bedingungen bekannter Zustand des Tieres herrscht, so war es doch wünschenswert, eine Ergänzung durch eine Methode zu besitzen, durch welche eine Reizung unter völlig normalen Bedingungen und trotzdem ohne Belästigung des Tieres möglich ist.

Diesen Zwecken dient die von Ewald[82, 83]) ersonnene Methode der Rindenreizung am freilaufenden Hunde. Sie besteht im wesentlichen darin, dem Tiere in Narkose eine in ein gedrehtes Elfenbeinstück eingelassene Elektrode in eine Trepanöffnung des Schädels einzuschrauben, sie nach außen mit Leitungsschnüren zu versehen und nun die Reizungen am freilaufenden Tier erst nach einigen Stunden oder am folgenden Tage nach

*) Die Apparate sind hergestellt von Swift and Son, Tottenham Court Road, London; die Nadeln von Rittershaus Huntley Street, Tottenham, Court Road, London.

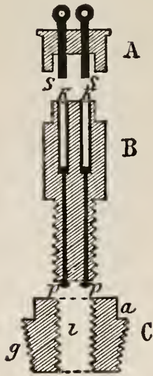


Fig. 41.
(Nach Talbert.)
Elektrodenträger für Hirnreizung nach J. R. Ewald. (Ansicht im Durchschnitt.)
A Deckel mit Steckstiften *SS* zum Anschluß an die Leitung.
B „Kern", enthaltend die Kupferhülsen *KK* für die Steckstifte, und die Knopfelektroden *pp* aus Platin.
C „Conus", zum Einschrauben in die Trepanöffnung der Schädeldecke.

Vorübergehen der Narkosenwirkung vorzunehmen. Es zeigt sich, daß das Tier die Reizung und die durch sie ausgelösten Bewegungen gar nicht weiter beachtet. Die Methode ist von Baer[8]) und von Talbert[341]) zu eingehenden Versuchen benutzt worden. Die von den Autoren verwendeten Elektroden (beide von Ewald) sind etwas verschieden; sie seien beide genauer besprochen.

Fig. 41 zeigt die von Talbert zuerst verwendete Form. Der in die Schädellücke einzuschraubende Elfenbeinring C ist außen konisch geformt; in seinen inneren Schraubengang paßt die Windung des die Platin-Knopfelektroden tragenden Stückes B. Die Leitungsschnüre werden an dem deckelartigen Steckkontakt A angebracht. An Stelle der letztgenannten Teile A und B verwendete Talbert später die in D und E wieder gegebenen Stücke, durch die der Kontakt besser gegen zufälliges Loslösen gesichert war (Fig. 42). Die Leitungsschnüre L laufen in eine Art Zange D aus, deren Spitzen z in den Vertiefungen V den Elektrodendrähten angedrückt werden. Durch Vorschieben des Querstücks Q wird das Abschütteln der Zange verhindert.

Bei der von Baer benutzten Einrichtung (Fig. 43) ist der mit Gewinde versehene Konus b aus Metall; er wird mit einem auf den vierkantigen Aufsatz a passenden Schlüssel in die Trepanöffnung eingeschraubt. Die in der Mitte des Konus befindliche Längsbohrung l stellt nun die Schraubenmutter dar für das Gewinde c eines dickeren Metallzylinders M, in welchem zwei bis vier Drähte derart enden, daß ihre abgerundeten Enden nur sehr wenig über dem Niveau der unteren Fläche von c hervorragen. Die Tiefe, bis zu welcher der Zylinder eingeschraubt wird, kann durch Zwischenlegen von Ringen r zwischen Zylinder und Konus beliebig bestimmt werden.

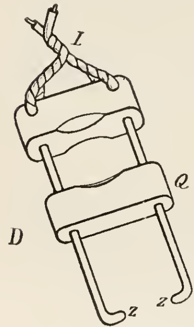


Fig. 42.
(Nach Talbert.)
Veränderte Form des Leitungsanschlusses.
D „Zange".
E „Kern" mit seitlichen Vertiefungen *VV*, in denen die Zangenspitzen *zz* mit den Elektroden *Kp Kp* in Kontakt treten können. (Im Durchschnitt dargestellt.)

Sollen bestimmte Stellen der Hirnoberfläche gereizt werden, so ist die Trepanöffnung unter Berücksichtigung der topographischen Beziehungen anzulegen. Durch Vorhandensein mehrerer Elektroden bietet die Baersche Anordnung noch die Möglichkeit, bei schon festliegendem Konus die Reizstelle zu wechseln. Talbert empfiehlt, um den gewünschten Punkt der Hirnrinde mit größerer Sicherheit zu treffen, gleich auf beiden Seiten ein Elektrodenpaar anzubringen (und auch sonst die Operation gleich an zwei oder mehreren Stellen auszuführen). Nach der Trepanation wird die Dura im freigelegten Bezirk entfernt und dafür gesorgt, daß in der Öffnung kein Blutgerinnsel liegt (Baer). Nach Talbert wird sodann gleich nicht nur der Konus, sondern auch der Kern eingeschraubt, die Haut über dem ganzen zusammengenäht und dann für den oberen Teil des Kerns ein kleiner Einschnitt in die Haut gemacht.

Auch zur gleichzeitigen Reizung zweier Rindenstellen ist die Methode durch Baer in einer größeren Reihe von Versuchen verwendet worden.

Als Reiz kamen beide Stromarten, der faradische und der galvanische Strom in Anwendung, ersterer von Talbert, letzterer in der Regel von Baer. Auf die Nachteile des mit polarisierbaren Metallelektroden zugeleiteten konstanten Stroms kann hier nur verwiesen werden; an die Möglichkeit einer schädlichen Wirkung von „Zersetzungen durch den Strom" hat auch Baer gedacht.

Neben der bipolaren Anwendung der Elektrode kam die unipolare bis jetzt weniger in Betracht. Nur Baer führte einige Experimente so aus, daß die Anode auf der einen, die Kathode auf der andern Hirnhälfte lag, so daß also je nach der Stromrichtung und der Art der Stromveränderung (Schließung oder Öffnung) die Erregung von der einen oder anderen Seite ausging, und eine Art unipolarer Reizung vorlag. Es sei aber noch

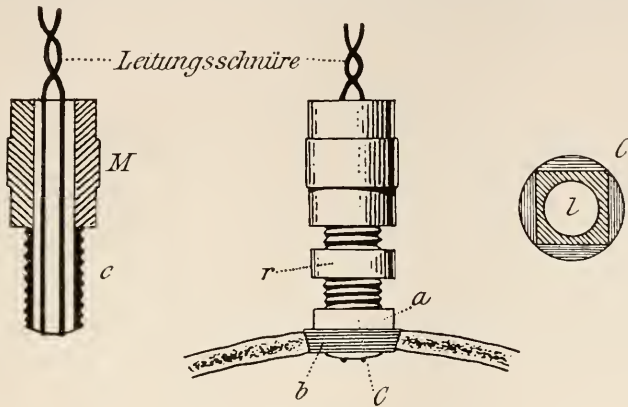


Fig. 43.
Ewaldsche Elektrode (nach Baer).

darauf hingewiesen, daß man mittels der mit mehreren Drahtenden versehenen Knopfelektrode das gewöhnliche unipolare Verfahren in ähnlicher Weise, wie es oben beschrieben wurde, anwenden könnte; man hätte dabei den Vorteil, bei einmal festliegender Elektrode mehrere Punkte streng getrennt reizen zu können.

So einleuchtend nun die Vorzüge dieser Methode Ewalds auch sind, so wenig dürfen die ihr entgegenstehenden Schwierigkeiten bei einer Deutung der Resultate vernachlässigt werden. Zunächst dürfte es sich empfehlen, die Reizungen nicht zu lange Zeit nach dem operativen Eingriff auszudehnen. Talbert stellte fest, daß die anfangs gültige Reizstärke etwa 4 Tage lang beibehalten werden konnte, dann aber allmählich zu vermehren war. Nach 14 Tagen wurde bei der Sektion zwischen Hirnoberfläche und Elektroden eine Schwarte gefunden, wonach es wahrscheinlich ist, daß die Abnahme des Reizeffektes durch die Vernarbung bedingt wird. Dasselbe nimmt auch Baer an. Es leuchtet aber ein, daß die Gefahr von wirksamen Stromschleifen auf Nachbarteile mit der Dicke der sich zwischenlegenden Schicht wächst. Freilich konnte Talbert an den Reizerfolgen keine Anzeichen einer solchen Stromausbreitung bemerken. Kann man sich gegen diese Möglichkeiten leicht dadurch schützen, daß man die Reizungen auf die ersten Tage nach dem Einsetzen der Elektroden beschränkt, so ist es wesentlich schwieriger, sich vor einem anderen Fehler zu sichern. Er würde darin bestehen, daß die Draht-

enden der Elektroden nicht immer an genau der gleichen Stelle der Oberfläche anliegen und daß die Berührung überhaupt zeitweise aufgehoben ist und die Leitung nur durch eine mehr oder weniger dicke Flüssigkeitsschicht aufrecht erhalten wird. Hierdurch würden ein Wechsel des Reizerfolges, Änderungen der Erregbarkeit usw. in unübersehbarer Weise vorgetäuscht werden. Da die Drahtenden in fester Beziehung zu dem Schädelknochen stehen, die Gehirnoberfläche sich aber infolge des Herzschlages und der Atmung etwas in der senkrechten Richtung zum Knochen bewegt, werden solche Verschiebungen kaum ganz ausbleiben können. Es wäre möglich, daß die Verschiedenheit der Stromstärke, die bei verschiedener Lage und Haltung des Tieres nach Talbert nötig ist, zum Teil durch solche Verschiebungen der Hirnoberfläche gegen die Drahtenden bedingt ist; auch Baer erwähnt diese Möglichkeit, es findet sich sogar an einer Stelle (l. c. S. 562) die Bemerkung, daß die durch eine konstante Durchströmung ausgelösten Zuckungen kurz vor der Höhe der Inspiration am intensivsten waren.

Bei weiteren Versuchen wäre meiner Ansicht nach in Erwägung zu ziehen, ob man nicht durch Anbringen einer Federung, welche die Drahtenden mit leichtem Druck an die Hirnoberfläche anzudrücken hätte, einen unter allen Umständen sicheren Kontakt herstellen könnte. Dadurch würde diese elegante Methode nicht nur zur Demonstration, sondern auch zur Forschung weiter fruchtbar werden.

II. Besondere Technik.

Nachdem im ersten Teil dieses Abschnittes die zur Freilegung der verschiedenen Gebiete des Zentralnervensystems dienlichen Methoden ausführlich abgehandelt worden sind, brauchen hier nur noch diejenigen vorbereitenden Eingriffe nachgetragen zu werden, die nur speziell bei Reizversuchen vorzunehmen sind, bei Ausfallversuchen hingegen nicht in Betracht kommen. Es muß also im voraus bemerkt werden, daß das Folgende in der angedeuteten Beziehung einen Nachtrag des Früheren darstellt, und daß es sich empfiehlt, zuerst die entsprechenden früheren Kapitel zu Rate zu ziehen.

a) Nervensystem der Vögel.

1. Rückenmarkswurzeln.

Reizungsversuche an den Spinalnerven von Tauben und Hühnern führte Langley [192]) aus. Beträchtliche Schwierigkeiten ergeben sich unter anderem aus der Kürze der Wurzeln, wegen derer leicht Stromschleifen (in Langleys Versuchen mußten besonders solche auf den Sympathikus vermieden werden) zu Fehlern führen können. Die beste Methode ist nach Langley, das Mark auf jeder Seite eines Nerven zu isolieren und das Markstück selbst zu reizen. Bei der Taube wurde ein Stück auf jeder Seite des Nerven ausgeschnitten, die Wurzeln einerseits durchschnitten und das Mark mit den Wurzeln der andern Seite emporgehoben. Bei dem weichen Mark des Huhns und im Zervikalmark der Taube war es besser, ein Stück Schwamm jederseits von der Nervenwurzel in das Mark zu drücken.

2. Großhirn.

Bickel [34]) untersuchte das Großhirn der Taube mit einer dem Ewaldschen Prinzip nachgebildeten Methode. Eine mit Zuleitungsdrähten versehene Siegellackscheibe wird mit Hilfe der übergenähten Haut auf der Schädelöffnung angebracht, die Drähte werden nochmals am Hals des

Tieres befestigt. Dieses wird nach Erwachen aus der Narkose im Käfig beobachtet.

Während Bickels Versuche hinsichtlich der Reizerfolge negativ ausfielen, fand Kalischer[153. 154]) an der Taube und verschiedenen anderen Vögeln Stellen, von denen aus Bewegungen der Extremitäten, der Kiefer und Augen ausgelöst werden konnten. Die abweichenden Ergebnisse Bickels dürften wohl darauf zurückzuführen sein, daß nicht die geeigneten Stellen getroffen wurden. Fig. 44 gibt die motorischen Felder der Taube nach Kalischer[153]) wieder. Um sie zu erreichen, muß das Gehirn sehr weit nach vorne und zur Seite in der Umgebung des dort befindlichen großen Gefäßes freigelegt werden. Als Elektroden verwendete Kalischer feine knopflose Platindrähte. Die Reizung wurde nach Erwachen aus der Äthernarkose uni- und bipolar vorgenommen.

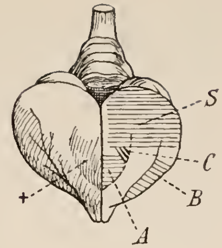


Fig. 44.

Großhirn der Taube nach Kalischer.

A Extremitätenregion.
B Kiefer-Zungenregion.
C Augenschlußregion.
S Sehsphäre.
+ Wulst.

3. Sonstige Hirnteile.

Entsprechend der geringen Ausgiebigkeit, mit welcher manche Gebiete der Physiologie des Zentralnervensystems der Vögel bis jetzt bearbeitet wurden, liegen auch keine eingehenden Reizversuche über die übrigen Teile des Nervensystems vor. Es kann hier auf diese Lücke nur hingewiesen und bemerkt werden, daß sich am Kleinhirn und seinen Stilen, an den Lob. optic. u. a. m. unschwer Reizversuche ausführen ließen. Feine Drahtelektroden, am besten unipolar, ließen sich an der Oberfläche oder auch in die Substanz versenkt anbringen und durch Gips, Siegellack, Wachs oder dergleichen befestigen. Für manche Teile würde das Eingipsen in die Ohrhöhle eine sehr sichere Befestigung abgeben können.

b) Nervensystem der Säugetiere.

I. Rückenmarkswurzeln.

Reizungen der Rückenmarkswurzeln sind in großer Zahl vorgenommen worden. Es soll versucht werden, die Angaben der Autoren zu einem übersichtlichen Gesamtbild zu vereinigen.

Da die Tiere nach diesen Reizversuchen in der Regel nicht länger am Leben erhalten zu werden brauchen, eröffnet man den Wirbelkanal wesentlich breiter, als zu den Durchschneidungen; man erhält derart einen bequemen Zugang zu den Wurzeln und kann sich besonders auch bei elektrischen Reizungen vor Stromschleifen besser sichern. Vielfach wird empfohlen, das Rückenmark möglichst schnell freizulegen. Schiff[300]) verfährt in der Weise, daß er bei Versuchen über die rückläufige Sensibilität am Lendenmark vom vorletzten Lendenwirbel aus mit der Knochenzange Muskulatur und Wirbelbogen, unbeachtet der Blutung, unter Leitung des die Dura fühlenden Fingers gleichzeitig durchtrennt; der Kreuzbeinkanal wird in gleicher Weise eröffnet. Die Haut wird provisorisch vernäht und das Erwachen des Tieres aus der Narkose abgewartet. Bradford[51])

empfiehlt ebenfalls schnell zu operieren, um die Blutverluste einzuschränken. Nach Durchschneidung der Wirbelaponeurose wird die Muskulatur schnell vom Knochen abgetrennt, die Blutung mit Fingerdruck und Schwämmchen beherrscht und die blutenden Stellen abgeklemmt. Die Muskulatur wird bis zur Freilegung der Querfortsätze und Rippenansätze abgetrennt, die dorsalen Äste der Interkostalarterien dabei durchschnitten und abgeklemmt. Bei Entfernung der Spinae und Wirbelbögen werden die Blutungen durch Torsion und Unterbindung bekämpft. Am Kaninchen stößt man nach Langley [191]) auf Schwierigkeiten bei Freilegung des ersten Thorakalnerven, indem die Tiere bei Durchschneiden der Bögen des letzten Zervikal- und ersten Thorakalwirbels durch Luftembolie in die intervertebralen Venen zugrunde gehen können.

Betreffs der Verminderung des Blutverlustes sei hier noch darauf hingewiesen, daß Langendorff [188]) gelegentlich einer besonderen Fragestellung die Freilegung des Lendenmarks nach Ligatur der Bauchaorta (Kaninchen) ausführte. Hierdurch kann also die ganze Operation bei Blutleere vorgenommen werden; dauert der Verschluß der Aorta nur kurz, so wird man auch solche Reizungen vornehmen können, bei denen ein normaler Zustand des Rückenmarks Voraussetzung ist. Weniger ist ein schädlicher Einfluß bei Reizung vorderer Wurzeln zu befürchten.

Die Reizung der Wurzeln ist je nach der Region des Rückenmarks mit verschiedenen Schwierigkeiten behaftet. Am leichtesten sind die Versuche in der Gegend der Cauda equina der bedeutenden Länge der Wurzeln wegen auszuführen. Die hinteren Wurzeln werden, je nachdem sie zentral oder peripher gereizt werden sollen, nahe oder entfernt vom Rückenmark unterbunden und durchschnitten. Um die Vorderwurzeln dieser Gegend zu erreichen, durchschneidet Sherrington [310]) nach Spaltung der Dura die hinteren Wurzeln, verfolgt die vorderen, eventuell nach Entfernung eines kurzen Stücks des Marks, bis zu ihrer Austrittsstelle und macht sie mit einem Haken frei; die Wurzelbündel werden unterbunden und mit ihrem oberen Ende nach Durchschneidung aus dem Wirbelkanal herausgehoben.

Im oberen Lumbalmark ist es nach Sherrington [310]) wegen der Kürze der vorderen Wurzeln notwendig, ein genügendes Stück des Marks zu entfernen und die Wurzel, ungeachtet der dabei auftretenden Blutung, etwas in das Intervertebralloch hinein zu verfolgen. Dann wird die ganze Wurzel (vorderer und hinterer Anteil) nahe am Durchtritt durch die Dura unterbunden und durchschnitten.

Für die Untersuchung der vorderen Wurzeln der Hals- und oberen Brustregion kommen hauptsächlich die Angaben von Langley [191]) in Betracht. Folgende Methoden stehen zur Verfügung. Die Nerven werden gerade außerhalb der Dura unterbunden und durchschnitten, auf jeder Seite der durchschnittenen Nerven werden kleine Schwammstücke zwischen Mark und Knochen gesteckt. Das Rückenmark kann oberhalb durchschnitten oder auch ganz entfernt werden. Oder das Rückenmark wird (ähnlich wie am Vogel) in einzelne jedem Spinalnerv entsprechende Segmente zerteilt.

Neben der direkten Reizung der Vorderwurzeln kommt zum Zweck der Untersuchung ihrer peripheren Verteilung noch die Methode Sherringtons[311]) in Frage, vor und hinter der zu untersuchenden Wurzel im Wirbelkanal eine Reihe von Nerven zu durchtrennen, die Degeneration abzuwarten, und nun peripher die einzelnen Nervenstämme zu reizen.

Kurz sind noch die in Betracht kommenden Reizarten zu berühren. Von den mechanischen Reizen, Kneifen mit der Pinzette nach Schiff[300]), Abbinden nach Stricker[340])*) wurde an anderer Stelle schon gesprochen. Im übrigen wird bipolare elektrische Reizung mit kurzem Elektrodenabstand angewendet.

Daß Stricker[340]) zu besonderen Zwecken die Narkose durch vorhergehende Rückenmarksdurchschneidung vermied (s. S. 9), sei hier nochmals erwähnt.

2. Rückenmark.

In der in Ludwigs Institut ausgeführten Arbeit von de Boeck[45]) wurde die schon im allgemeinen Teil geschilderte und abgebildete Reizeinrichtung benutzt, bei welcher eine der direkten mechanischen oder der unipolaren elektrischen Reizung dienende Nadel in festen Schlittenführungen bewegt werden kann. Die Reizung geschah am freigelegten, aber im übrigen intakten Rückenmark des Kaninchens; die Wirbelsäule wurde in sorgfältiger Weise mit den ebenfalls schon besprochenen Vorrichtungen fixiert. Von einer planmäßigen Fortsetzung solcher Versuche unter Verwendung des Prinzips der Vorausbestimmung des Reizortes sind manche Fortschritte zu erwarten.

In zweiter Linie ist die Methode der Reizung des frisch angelegten Rückenmarkquerschnittes zu erwähnen. Von Fröhlich und Sherrington[100]) wurde dieselbe derart angewendet, daß zunächst zur Vermeidung lokaler Reflexe die Spinalwurzeln des freigelegten Teils des Rückenmarks durchschnitten wurden. Nach Eröffnung der Dura wird das Mark mit sehr scharfem Messer durchtrennt und etwas aufgehoben. Zur Reizung diente die oben (s. S. 108) abgebildete unipolare Elektrode, welche gegen das Rückenmark gehalten werden kann, ohne es zu verletzen, aber auch ohne bei den Atembewegungen sich zu verschieben.

Gotch und Horsley[113]) exzidieren ein etwa $^1/_2$ cm langes Stück und trocknen die Lücke völlig mit Zunder und Schwammstückchen.

Ich[351]) fand es gelegentlich zweckmäßig, eine feine bis an die Spitze isolierte Nadel (ebenfalls für unipolare Reizung) in das Mark einzustecken; da es sich um absteigende Wirkungen handelte, wurde das Mark oberhalb durchschnitten, ferner wurden einige Wurzeln durchtrennt und das Markende mittels eines untergeschobenen Gummiplättchens etwas herausgehoben. Dies Verfahren empfiehlt sich dann, wenn, wie etwa bei Untersuchung der pupillenerweiternden Wirkung von Halsmarkreizen, Stromstärken nötig sind, die stärkere Zuckungen der Körpermuskulatur auslösen. Durch diese würde eine mit der Hand gehaltene Elektrode abrutschen; die

*) Vgl. auch Sherrington[309]), an peripheren Nerven, kombiniert mit Hinterwurzeldurchschneidung.

Nadelelektrode hingegen, die mit einem sehr feinen Draht verbunden ist, behält ihre Lage unverändert bei.

3. Medulla.

Hier seien die Arbeiten von Bach und Meyer [7]), sowie Trendelenburg und Bumke [350]) erwähnt, in denen durch Schnitte eine Reizung der Medulla beabsichtigt wurde.

Im übrigen kämen hier die für das Rückenmark geschilderten elektrischen Methoden in Betracht.

Über den Zuckerstich s. Seite 68.

4. Kleinhirn.

Über die an der Kleinhirnrinde zweckmäßigsten Reizmethoden verdanken wir Horsley und Clarke [143]) wichtige Angaben. Nach diesen Autoren ist überhaupt die Reizbarkeit des Kleinhirns (d. h. die Möglichkeit, durch Reize Muskelbewegungen zu erzielen), nur gering. Eine Ausnahme hiervon macht nur der Sulcus paramedianus, in welchem weiße Markfasern frei an der Oberfläche liegen. Wenig geeignet erwiesen sich den genannten Autoren mechanische Reize sowie der konstante Strom, bei welchem man keine genügende Sicherheit besitzt, nur die Rinde zu reizen. Bei Anwendung des faradischen Stroms ist die unipolare Methode zu verwerfen, weil sie besonders an den hinteren Kleinhirnpartien zu Stromschleifen auf die Medulla führt. Dieser Fehler ging unter anderem deutlich daraus hervor, daß die motorische Reaktion von der Lage der indifferenten Elektrode abhing. Werden ferner mit unipolarer Methode Muskelzuckungen (Trapeziusgebiet) erhalten, so bleiben sie aus, wenn bei gleichem Rollenabstand bipolar gereizt wird.

Die in Aussicht gestellte Arbeit über Reizung der Kleinhirnkerne war zurzeit noch nicht erschienen.

Es mögen noch einige Angaben früherer Untersucher erwähnt werden, wenn sie auch nach dem vorigen in mancher Beziehung, soweit sie die Rinde betreffen, einer Revision zu unterziehen sein werden. Lewandowsky [196]) wendete die Ewaldsche Methode der Reizung am ungefesselten Tier an. Die Elektroden lagen ziemlich genau in der Furche zwischen Hemisphäre und Wurm. Gereizt wurde mit Induktionsströmen. Ferner nahm derselbe Autor die ältere Methode von Nothnagel [249]) wieder auf, nämlich die mechanische Reizung durch Nadelstiche; um störende Verletzungen zu vermeiden, dürfen diese Stiche nur fein sein. (Nothnagel verwendete die Nadel zum Teil auch in glühendem Zustande.) Lourié [203. 204]) verwendete, neben unipolarer Reizung in gewöhnlicher Anordnung, ebenfalls die Ewaldsche Knopfmethode in gleicher Weise wie Lewandowsky. Auf die Methode von Pagano [252. 253]) Kurare einzuspritzen, wurde schon hingewiesen (S. 107). Durch ein kleines Trepanloch wird 0,1—0,3 ccm einer 1 % Lösung mit Pravazspritze durch die Dura eingespritzt; darauf wird das nicht narkotisierte Tier (Hund) schnell losgebunden, damit die Symptome sofort studiert werden können.

Die Methoden zur ausgedehnteren Freilegung des Kleinhirns sind dem Früheren zu entnehmen; es sei noch besonders auf die Überschreitung des Sinus nach v. Rynberk und Cadman (S. 75 u. 106) verwiesen.

5. Vierhügel und Boden des dritten Ventrikels.

Prus [271]) gelangte bei Reizversuchen zu den Vierhügeln entweder unter Schonung des Großhirns durch Emporheben des Okzipitallappens; die

Technik ist früher (siehe S. 77) beschrieben worden. Oder er entfernte das Großhirn, zum Teil mit Einschluß der Streifen- und Sehhügel; in diesem Falle wurde unmittelbar vor den Vierhügeln ein bis an die Schädelbasis reichender Frontalschnitt geführt, die Teile mit Holzspatel entfernt und tamponiert. Oder schließlich gelangte Prus an die Vierhügel nach Entfernung des Kleinhirns und Tentorium desselben.

Hensen und Völkers[127]) führten beim Hunde Reizversuche am Boden des dritten Ventrikels aus. Nach Durchschneidung und Unterbindung der Dura wird das Vorderhirn entfernt; die unter dem Splenium des Corp. callos. liegende Vena Galeni wird unterbunden, Blutung aus der Art. fossae Sylvii wird durch Torquieren gestillt. Das Tentorium wird entfernt und der Boden des Ventrikels durch Spalten oder Abtragen der Vierhügel freigelegt. In einigen Experimenten wird die Abklemmung der großen Halsgefäße (zur Verminderung der Blutung) erwähnt.

Über die Einspritzung verschiedenster Stoffe in diese Gegend vgl. Polimanti[262]).

6. Corpus striatum und Thalamus opticus.

Bei der oben (S. 80 ff) angegebenen Methode, eine Großhirnhemisphäre in toto herauszunehmen, wird der Seitenventrikel ohne Verletzung der in ihn hineinragenden Basalganglien eröffnet; letztere sind hiermit der Reizung ohne weiteres zugänglich. In dieser Weise gelangten, mit geringen Verschiedenheiten der Technik, auf die nicht besonders eingegangen zu werden braucht, Schüller[303]) und Prus[272]) zum Nucleus caudatus und Thalamus beim Hunde. Babinsky und Lehmann[6]) eröffnen beim Kaninchen den Seitenventrikel durch Absaugen der über ihm liegenden Hirnmasse. Aronsohn und Sachs[3]) reizten die dem Wärmestich entsprechende Stelle ohne Freilegung des Seitenventrikels, indem sie an der bekannten Stelle (s. S. 86) eine bis an die Spitze gefirnißte Nadel einsteckten und zur unipolaren Reizung verwendeten, oder indem sie zwei durch ein plattes Korkstückchen gesteckte Platindrähte, die ebenfalls bis zur Spitze isoliert waren, so in das Gehirn einstachen, daß jeder Draht ein Corp. striat. traf. Die Kopfhaut wurde so über die Korkstückchen vernäht, daß nur die freien mit einem Öhr versehenen Enden der Drähte herausragten.

Mit der Methode von Horsley und Clarke hat ganz neuerdings Sachs[289a]) Reizungen an den Thalamuskernen des Affen vorgenommen*).

7. Innere Kapsel.

Die Lagerung der motorischen Fasern in der inneren Kapsel wurde von Beevor und Horsley[23, 24]) durch Reizversuche am Affen ermittelt. Die Schädelkapsel wird auf der einen Seite breit eröffnet, die Mittellinie dabei um etwa 1 cm überschritten. Die Hemisphäre wird nach der Mitte gezogen und die Art. cerebri media dicht hinter ihrem Ursprung in der Tiefe der Fissura Sylvii ligiert. Dann wurde mit einem langen und scharfen Skalpell ein horizontaler Schnitt durch die Hemisphäre von der Außenfläche zur Mittellinie hin ausgeführt, der aber 1—2 mm vor der Medianebene halt macht. Der Schnitt geht durch die dritte Stirnwindung und schneidet die

*) Auf diese Arbeit konnte des näheren hier nicht mehr eingegangen werden.

Sylvische Spalte zwischen mittlerem und hinterem Drittel. Eine Blutung aus der Arteria lenticulo-striata wurde durch Auflegen von Zunder gestillt. Die Konturen der Basalganglien wurden auf Millimeterpapier eingezeichnet und die einzelnen Quadrate (und entsprechend die Reizerfolge) numeriert. Die verwendeten Platinelektroden hatten 1 mm Abstand.

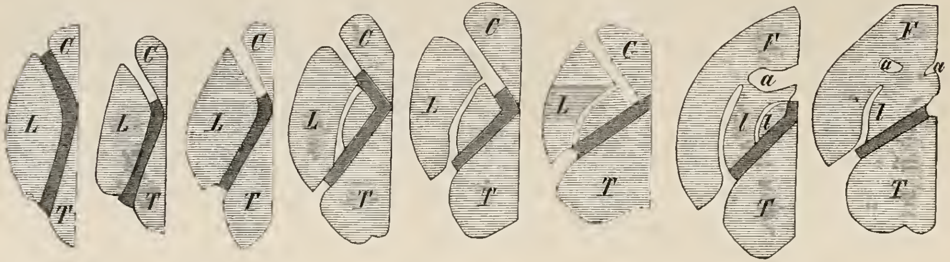


Fig. 45.

Die motorischen Bahnen (die dunkle Partie) in den verschiedenen Niveaus der linken inneren Kapsel vom Affen (macacus) nach Beevor und Horsley (23, Tafel 5; Fig. 1). *L*, Außenteil des Linsenkerns; *l*, Mittelteil desselben; *T*, Sehhügel; *C*, Schweifkern; *a*, vordere Kommissur; *F*, Vereinigungsstelle des Linsen- und Schweifkerns. 4/3 der natürlichen Größe.
(Aus Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie.)

Zur Orientierung über die Lage der motorischen Bahnen in den verschiedenen Querschnittshöhen der inneren Kapsel diene Fig. 45. Die Bilder folgen sich von links nach rechts in der Richtung von der Oberfläche zur Tiefe.

8. Großhirnrinde.

1. Reizung mit beweglichen Elektroden.

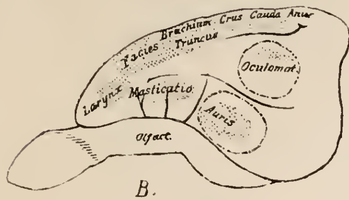
Eine hervorragende Bedeutung nimmt die Reizmethode bei Untersuchung der Funktionen der Großhirnrinde ein. Seit der Entdeckung von Fritsch und Hitzig hat eine sehr große Anzahl von Forschern bei einer stattlichen Reihe von Tierarten bis hinauf zu den höchsten Affen die Topographie der motorischen Rindenstellen auf das eingehendste untersucht, ja auch beim Menschen hat man häufig Veranlassung gehabt, die entsprechenden Beobachtungen durchzuführen. Dementsprechend ist die Ausarbeitung der Methodik als einigermaßen abgeschlossen zu bezeichnen, wenigstens soweit es sich um die bisher in der Regel in erster Linie untersuchten Aufgaben handelt.

Dem im allgemeinen Teil Gesagten sind hier noch einige spezielle Punkte nachzutragen.

Die Topographie der motorischen Rindenfelder für Kaninchen, Katze, Hund und Affen ist in den Figuren 46—50 enthalten. Für die der Untersuchung nur seltener zur Verfügung stehenden höheren Affen sind die Abbildungen in Tigerstedts Lehrbuch leicht zugänglich. (Für die Verhältnisse am Menschen sei auf Krause[168]) verwiesen.) Die Projektion auf die Schädeloberfläche ergibt sich aus den Figuren 31—33.

Für den Erfolg sehr wichtig und in den einzelnen Fällen etwas verschieden ist die Art und der Grad der Narkose. Hat die Inhalationsnarkose den Vorteil, daß man verhältnismäßig schnell jeden beliebigen Grad von Narkose erreichen kann, so geht damit der Nachteil einher, daß es nicht

leicht ist, Reizungen längere Zeit unter genau den gleichen Bedingungen auszuführen. Dies ist in hohem Maße bei der Injektionsnarkose (z. B. Mor-



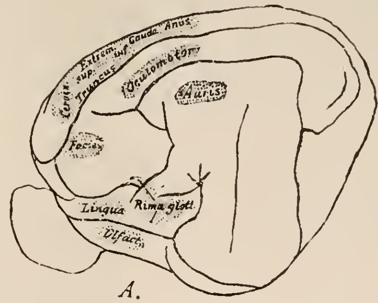


Fig. 46. Fig. 47.
Motorische Region vom Kaninchen und von der Katze, nach Mann.
(Aus Edinger, Vorlesungen I. Band, 1904.)

phium) der Fall, welche aber ihrerseits wieder den Nachteil bietet, daß es nicht immer gelingen wird, gerade die richtige Menge des Narkotikum zutreffen.

Beim Kaninchen verwendet Exner[84]) Chloralhydrat, wovon 0,2 gr (frisch gelöst) in die Vena jugul. ext. eingebracht werden; bei kleinen Tieren etwas weniger. Bei Demonstrationen finde ich es zweckmäßig nach Bedarf etwas Äther hinzuzunehmen, oder besser nur mit Ätherinhalation vorzugehen (oder Alkohol-Äthergemisch nach Neisser[241])); es empfiehlt sich, die Reizungen stets erst nach Abstellen der Ätherzufuhr anzustellen und hierbei einen Schlaf geeigneter Tiefe abzuwarten; zeigt das Tier die erste Unruhe, so wird wieder etwas Äther zugeführt und wiederum nach Abstellen desselben der geeignete Zeitpunkt ausprobiert. Man kann so zu sehr regelmäßigen Ergebnissen gelangen. Nach Steffahny[336]) kann Morphium, bis 7 ccm einer 1 % Lösung in die Vena jugularis externa injiziert, ohne Herabsetzung der Rindenerregbarkeit angewendet werden.

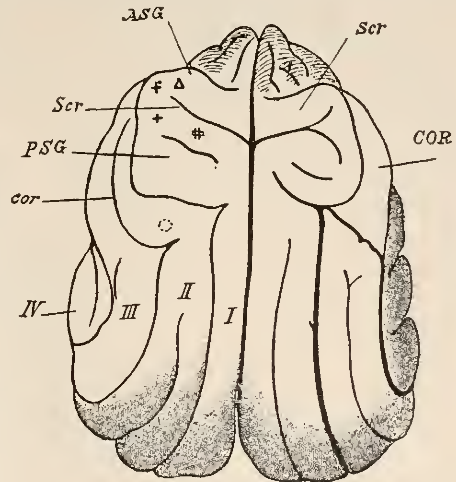


Fig. 48.
Oberfläche des Hundegehirns mit den erregbaren Punkten, nach Fritsch und Hitzig. △ Nackenmuskeln. ✣ Extensoren und Adduktoren des Vorderbeins. + Beugung und Rotation des Vorderbeins. ♯ Hinterbein. ○ Facialis. *Scr*, Sulcus cruciatus. *ASG*, Gyrus sigmoideus ant. *PSG*, G. sigmoideus post. *COR*, G. coronarius. *cor.*, Fiss. coronaria. *I, II, III, IV*, erste bis vierte äußere Windung.
(Aus Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie.)

Bei der Katze gibt Spencer[326]) Äther; Levy[194]) verwendet Morphium (0,012—0,06 g subkutan, ¼ Stunde vor der Reizung gegeben), Äther hingegen nur bei der vorbereitenden Operation.

Beim Hunde wird in der Regel die kombinierte Morphium-Äthernarkose verwendet. Nur bei ganz jungen Hunden ist Morphium zu vermeiden (Paneth[254])). Wiederum ist es zweckmäßig, die Reizungen im Stadium der abklingenden Ätherwirkung vorzunehmen. du Bois-Reymond und Silex[47]) gehen bis auf 0,2 gr Morphium p. kg; sollen besonders die Einwirkungen der Reize auf die Atmung untersucht werden, so darf nach Spencer[326]) hingegen nur wenig Morphium (0,0014 gr. p. kg.) gegeben werden.

Für den **Affen** ist nach den völlig übereinstimmenden Erfahrungen einer großen Reihe von Untersuchern, welche hier nicht einzeln aufgeführt zu werden brauchen, die Äthernarkose sehr geeignet; in der Tat findet man auch in dieser Hinsicht die Versuche am Affen mit weniger Schwierigkeiten behaftet, wie bei manchen anderen Versuchstieren. Der nötige Grad der Narkose ist leicht durch Probieren zu finden; im allgemeinen müssen spontane Bewegungen und Spannungen der Muskulatur (C. u. O. Vogt[360]) fehlen, und die Reizungen dürfen keine Unruhe des Tieres hervorrufen.

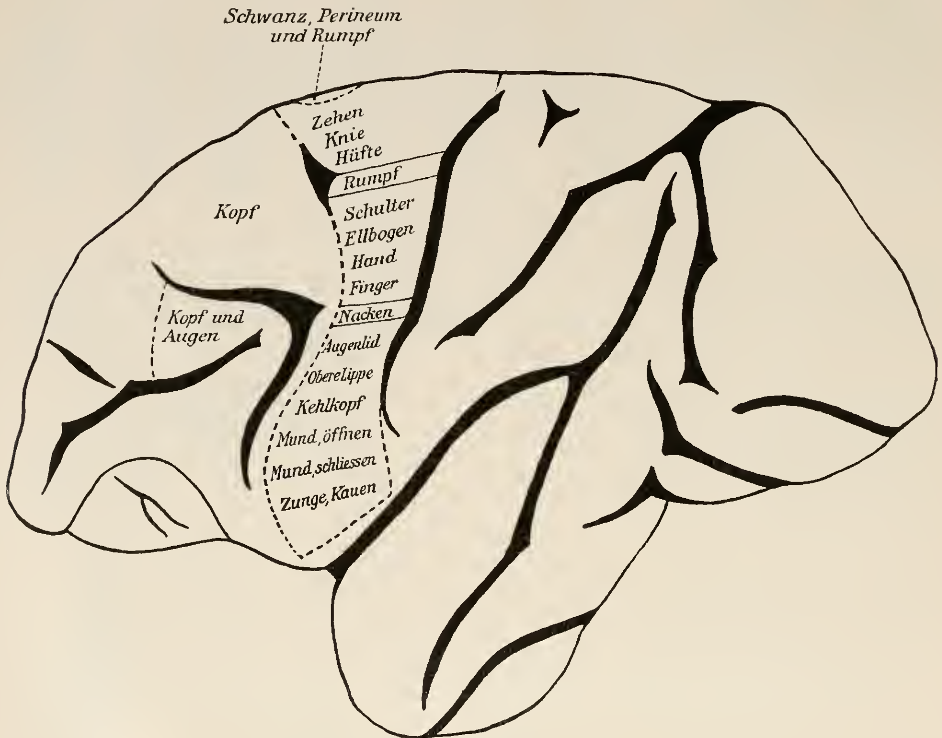


Fig. 49.
Das Gehirn des Macacus sinicus, von links; nach Jolly und Simpson.
(Aus Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie.)

Einige Vorsichtsmaßregeln sind gegen **Vertrocknung** und **Abkühlung** der freigelegten Hirnrinde notwendig. Am einfachsten ist es, aus einem mit bodenständigem Ansatz versehenen Gefäß eine passend temperierte Salzlösung über die Oberfläche rieseln zu lassen und die Flüssigkeit nur unmittelbar vor der Reizung abzustellen, damit die Ausbreitung von Stromschleifen vermindert wird. Auch ist in Reizpausen die Dura wieder aufzulegen.

Über die Wahl der geeigneten **Stromstärke** wurde oben (S. 108) schon das Hauptsächlichste mitgeteilt. Bei der Gefahr der **Stromausbreitung**, bei der nie sicher ist, welche Stelle eigentlich den beobachteten Effekt gibt, sucht man mit möglichst schwachen Strömen zu arbeiten und bezieht einen Reizeffekt auf diejenige Stelle, für welche der nötige Schwellenwert der niedrigste war. Sind zwar im allgemeinen die an der Zunge eben fühlbaren

Ströme geeignet, so ist doch zu erwähnen, daß nach Beevor und Horsley[24]) am Orang-Utang etwas stärkere Ströme, die auf der Zunge schon unangenehm waren, angewendet werden mußten. Um Unregelmäßigkeiten der Stromausbreitung zu vermeiden, wird bei größeren Affen (und dem Menschen) nach Sherrington (Mitt. an Krause[169])) die Arachnoidea an einer von der Reizstelle entfernten abschüssigen Stelle sorgfältig ohne Verletzung der Pia durchtrennt, so daß die Subarachnoidalflüssigkeit abfließt.

Die Ergebnisse der Reizung werden sofort in ein Schema eingetragen. Beevor und Horsley[21. 25]) teilen die ganze Oberfläche, die genau gemessen und gezeichnet wird, in 2 mm-Quadrate ein. (Der Elektrodenabstand betrug 2 mm.) Einfacher ist es, nach Beevor und Horsley[20]),

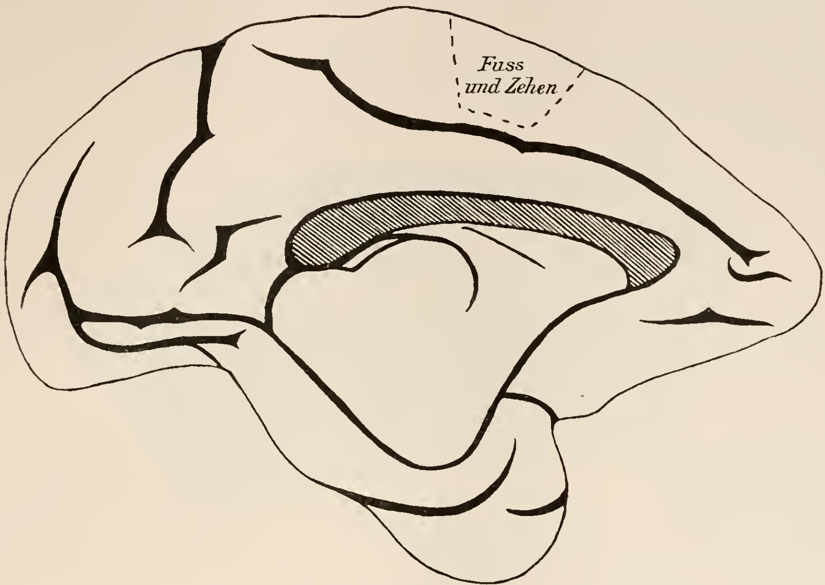


Fig. 50.
Das Gehirn des Macacus sinicus, mediale Fläche; nach Jolly und Simpson.
(Aus Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie.)

Jolly und Simpson[149]), C. und O. Vogt[360]), die Gehirnoberfläche mit ihren stark injizierten Gefäßen zu zeichnen. Jede einen bestimmten Reizerfolg ergebende Stelle wird numeriert und der Reizerfolg unter der gleichen Nummer protokolliert. Nachher werden die Ergebnisse auf eine Hirnphotographie übertragen. Es sei noch auf die Möglichkeit hingewiesen, das freigelegte Gehirn sogleich von einem Gehilfen photographieren zu lassen und in den schnell herstellbaren Abzug die Nummern einzutragen; dadurch ist eine völlige Übereinstimmung des Schemas mit der Hirnoberfläche am einfachsten garantiert. An dem an äußeren Anhaltspunkten armen Kaninchengehirn führt, wenn die Beziehung der Reizpunkte auf die sichtbaren Gefäße der Oberfläche nicht genügt, das Verfahren von Mann[207]) zum Ziel. Auf dem hinteren Teil der vom Periost befreiten Nasenbeine wird eine senkrecht zur Medianen verlaufende Linie gezeichnet, auf welche

die Oberflächenpunkte topographisch bezogen werden; bei Untersuchung der seitlichen und unteren Partien des Gehirns werden Hirnphotographien benutzt, auf welche ein quadratisches Liniennetz (2 mm) aufgezeichnet ist, die Messungen werden in diesem Fall auf den vordersten Punkt des Frontalhirns bezogen. Nach dem Tode des Tiers wird das Gehirn und auch der Abstand der auf dem Nasenbein gezogenen Linie vom Frontalhirnpol gemessen und nun nach diesen Maßen die beim Experiment gemachten Messungen auf eine mit Quadratnetz versehene Hirnzeichnung übertragen.

2. Reizung mit eingeschraubten Elektroden.

Auch über die Ewaldsche Methode ist dem früher Gesagten noch einiges hinzuzusetzen.

Das Verfahren wurde unter den Säugern bisher nur beim Hunde angewendet. Nach Talbert[341]) eignen sich am besten kleinere nicht zu

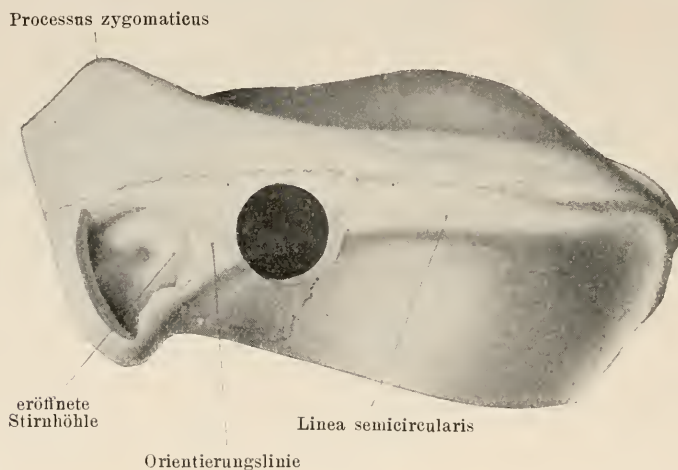


Fig. 51.

Trepanation für die motorische Zone des Hundes (nach Baer).

junge Tiere. Da die Reizungen meist an der Extremitätenzone ausgeführt werden, ist es nötig, deren Topographie genau zu kennen; die Lage des Sulcus cruciatus ist der Fig. 32, die Trepanationsstelle für die motorische Zone außerdem der Fig. 51 zu entnehmen. Nach Baer[8]) wird das Dach der Stirnhöhle ganz entfernt, nachdem man die Lage der Höhle, wenn nötig, durch Perkussion mit einem festen Instrument ermittelt hat. Die Trepanöffnung wird so angelegt, daß ihr vorderster Rand etwa 3 mm hinter der Grenzlinie zwischen der freigelegten hinteren Wand der Stirnhöhle und dem eigentlichen Schädeldach, ihr medialer Rand stark $^1/_2$ cm seitlich von der Mittellinie liegt (Fig. 51).

9. Hirnnerven.

Bei Reizversuchen dürften in der Regel nur die motorischen Hirnnerven, oder bei den gemischten nur die zentrifugalen Wirkungen in Betracht kommen. Es wird daher möglich sein, die Nerven an ihrer Austrittsstelle

soweit wie nur angängig freizulegen und sich die Nerven selbst unter Entfernung von Teilen des Zentralorgans noch zugänglicher zu machen, wie es bei den Durchschneidungen der Fall ist.

Den früheren Schilderungen ist nur noch weniges anzufügen.

Beevor und Horsley[22]) entfernen, um den 5., 7., 9., 10., 11. u. 12. Hirnnerven zu erreichen, am Affen nach Verschluß der Karotiden schnell eine Hemisphäre und nach Spaltung des Tentoriums den größeren Teil der gleichseitigen Kleinhirnhemisphäre.

Den 9.—12. Hirnnerven erreichen Réthi[274]), Kreidl[171. 172]), Beer und Kreidl[19]), Cadmann[56]), Schaternikoff und Friedenthal[293]) auch zu Reizungen nach den im ersten Teil dieser Arbeit (S. 106) genauer geschilderten Freilegungsmethoden. Die Reizung wird unipolar mit Platinelektrode vorgenommen, die nach Beer und Kreidl aus einem haarfeinen in Glas- oder Siegellackumhüllung befindlichen Draht besteht. Der andere Pol wird in bekannter Weise etwa mit dem Kopfhalter des Tieres verbunden. Der Accessorius kann nach Schaternikoff und Friedenthal mit einem Häkchen herausgezogen werden, wobei er sich in der Länge von einigen Zentimetern vom Rückenmark ablöst.

E. Methodik zur Untersuchung des Kreislaufs, der Zerebrospinalflüssigkeit, der Ernährung und des Stoffwechsels des Gehirns.

Es würde die hier gesteckten Ziele überschreiten, wenn auch noch die Methoden zur Untersuchung der Blutbewegung und der Zerebrospinalflüssigkeit eingehender berücksichtigt würden. Es mußte vielmehr die Untersuchung der Funktion der Zentralorgane selbst in den Vordergrund gestellt werden. Zudem schließen sich die zur Untersuchung in der genannten Richtung am Gehirn maßgebenden Methoden an die zur Untersuchung der Blutbewegung und der Lymphe überhaupt benutzten eng an, und die etwa nötigen besonderen Eingriffe, wie z. B. die Eröffnung der Schädelkapsel, sind im vorigen schon enthalten.

Bezüglich des Kreislaufs sei zunächst die Methode der Bestimmung von Änderungen des Hirnvolums hier besprochen. Diese Methode wurde von Roy und Sherrington[285]) benutzt. In den Schädel wird eine Kapsel eingeschraubt, deren dem Gehirn zugewandte Öffnung durch eine feine tierische Membran, die sich der Hirnoberfläche anlegt, verschlossen ist. Die mit Luft gefüllte Kapsel ist mit einem Pistonrekorder verbunden. Die Zerebrospinalflüssigkeit fließt seitlich von der Kapsel frei ab, ist also ohne Anteil an der registrierten Kurve.

Der Apparat ist in Fig. 52 wiedergegeben. Die glockenförmige Kapsel a ist durch die Membran e verschlossen. Der überstehende Rand b der Kapsel ruht der Außenfläche des Schädelknochens auf, festgehalten durch die Teile c und d. Die Trepanöffnung, für den Hund von 22 mm Weite, wird möglichst nahe an der Mittellinie angelegt, die Dura unter Vermeidung des Sinus entfernt.

Einen etwas modifizierten Apparat benutzen Gottlieb und Magnus[114].*) Er besteht (Fig. 53) aus zwei Teilen, der äußeren Röhre a, welche mittels der Klammern cc fest auf den Rand bb des Trepanationsloches aufgeschraubt wurde, und einer beweglichen Röhre d, welche unten durch eine Membran e aus Kalbsperitoneum verschlossen war und bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt wurde. Diese innere Röhre stand durch Gummischlauch mit dem Pistonrekorder in Verbindung. Der Vorteil dieser Abänderung liegt darin, daß die innere Röhre mit Hilfe der Schraube g so eingestellt werden kann, daß die Membran der Hirnoberfläche gut aufliegt. Während Roy und Sherrington zur Vermeidung von Hirnprolaps den Hebel des Registrierapparates mit Gewicht belasteten, fanden Gottlieb und Magnus bei guter Kurarisierung der Tiere besondere Maßnahmen gegen Hirnprolaps unnötig. Nach Weber[362]) ist das Entstehen eines Prolapses an einem fortgesetzten und nicht wieder zurückgehenden Steigen der Kurve kenntlich; er empfiehlt ferner, nach Beendigung des Versuchs den Apparat abzuschrauben und sich durch den Augenschein von dem Fehlen oder Vorhandensein eines Prolapses zu überzeugen.

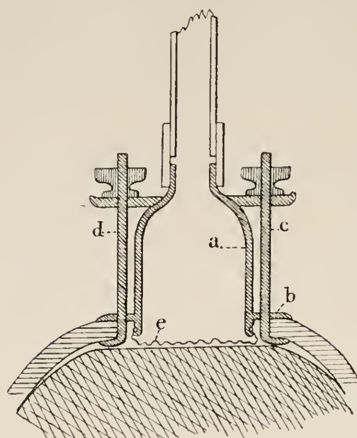


Fig. 52.
Hirnplethysmograph von Roy und Sherrington.

Die Methoden zur Untersuchung der Absonderungsverhältnisse der Zerebrospinalflüssigkeit und Druckverhältnisse im Schädelraum seien im folgenden ebenfalls noch kurz gestreift.

Die Strömungswege werden durch Injektionen von Zinnoberemulsion (Quincke[273])) oder von gefärbten Flüssigkeiten oder von Stoffen, deren weitere Wanderungen sich auf dem Wege chemischer Reaktionen feststellen lassen, in den Subarachnoidalraum oder in die Hirnventrikel untersucht. Zur Untersuchung des Drucks der Zerebrospinalflüssigkeit hat Knoll[163]) beim Hund mit einer stark gekrümmten, an der Konvexität eine Öffnung tragenden Kanüle die Membr. atl.-occ. quer durchstochen und von hier aus die Druckschwankung mit einer Mareyschen Kapsel registriert. Vollkommener ist die von Ziegler[368]) gemeinsam mit Frank verwendete Methode der Druckmessung mit einem Membranmanometer, in das nur so wenig Flüssigkeit eintritt, daß hierdurch der Druck in der Schädelhöhle nicht beeinflußt wird. Durch Einführen einer Hohlnadel in den Sinus konnte dessen Druck ermittelt werden. Nach Bayliss und Hill[12]) ist der Hirnvenendruck unter allen physiologischen Bedingungen gleich dem intrakraniellen Druck. Letzterer wurde so bestimmt, daß in ein Trepanloch ein mit einer sehr dünnen Gummimembran verschlossenes Rohr geschraubt wird, an das ein enges Glasrohr ansetzt; auf dieses folgt ein T-Stück, das mit einer Druckflasche und einem Hg-Manometer verbunden wird. Das Ganze wird mit Wasser gefüllt und nur in dem Glasrohr eine Luftblase als Index gelassen. Die Druckänderungen, die mit der Druckflasche vorgenommen werden müssen, um den Index an gleicher Stelle zu halten, und die am Manometer abgelesen werden können, entsprechen dem intrakraniellen Druck. Zur Kritik der verschiedenen angewandten Methoden ist besonders auf die letztere Arbeit zu verweisen.

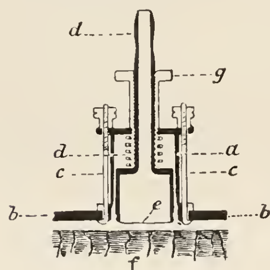


Fig. 53.
Hirnplethysmograph, modifiziert von Gottlieb und Magnus.

Zur Erhöhung des intrakraniellen Druckes dient nach Ziegler und Frank[368]) Einspritzen von freier Flüssigkeit oder Auftreiben von Ballons, die extra-

*) Der Apparat ist von F. V. Runne in Heidelberg verfertigt.

oder intradural eingeführt waren, mit Wasser. Die nähere Beschreibung eines ähnlichen Verfahrens geben Spencer und Horsley[327]).

Die Menge der Liquorbildung versuchte Spina[332]) derart zu messen, daß in die freigelegte Membrana atlanto-occipitalis ein 40 cm langes Glasrohr, das am unteren offnen Ende noch zwei Seitenöffnungen trägt, eingesetzt wurde; die Höhe des Flüssigkeitsstandes in der auch oben offnen graduierten Röhre diente als Index für die Liquorbildung.

Weitere Literatur findet man, von den schon zitierten Arbeiten abgesehen, bei Lewandowsky[198]), Blumenthal[43]) und Berger[27]).

Diejenigen für die Untersuchung des Hirnkreislaufs in Betracht kommenden Methoden, bei denen keine speziellen Eingriffe in der Nähe des Zentralnervensystems selbst in Betracht kommen, findet man von Weber[362]) zusammengestellt, auf dessen Arbeiten ebenfalls zum Zwecke weiterer Orientierung verwiesen werden kann.

Zerebrospinalflüssigkeit läßt sich zur chemischen Untersuchung außerhalb des Tierkörpers leicht ohne Beimischung von Blut von der freigelegten Membrana atlanto-occipitalis aus erhalten; ist der Kopf stark nach vorn gebeugt, so spritzt die Flüssigkeit aus einer feinen Punktionsöffnung in der Regel im Strahl heraus. Daß im Lumbalteil bei Tieren nur wenig Flüssigkeit zu erhalten ist (Heineke und Laewen[126])), wurde schon früher erwähnt.

Hier schließen sich am besten noch einige Bemerkungen über Ernährung und Stoffwechsel des Gehirns an, soweit diese durch Untersuchung am lebenden Organ erforschbar sind. Da Stoffwechselprodukte in die Zerebrospinalflüssigkeit übergehen können, ist die chemische Untersuchung der letzteren von großer Wichtigkeit. Abgesehen davon aber besitzen wir am Warmblüter nur eine spezifische Methode, nämlich die Feststellung der Veränderung, welche die Farbe der Hirnrinde nach Methylenblauinjektion und elektrischer Reizung aufweist.*) Nach den grundlegenden Untersuchungen von Ehrlich[78]) ist die Methylenblaureaktion des lebenden Nervengewebes abhängig von Sauerstoffgegenwart und von der Reaktion. Wie Horsley im Anschluß an Ehrlich eingehend untersuchte, wird die vorher blaue Rindenstelle blaßweiß, sobald sie durch starke elektrische Reizung zum Ausgangspunkt der motorischen Erregung wird. Auch Hill[136]) hat entsprechende Versuche ausgeführt und betont ebenso wie Horsley, daß die Farbenänderung nur dann eintritt, wenn die Hirnreizung von Muskelbewegung gefolgt ist (also nicht in tiefer Narkose od. dgl.). Entsprechend ist nach Horsley und Clarke die Reizung des Kleinhirns nicht von der charakteristischen Farbenänderung begleitet. Es kommt also, wie es scheint, darauf an, daß die Rinde wirklich in einen mit bestimmten Stoffwechselprozessen (Sauerstoffverbrauch) verknüpften Erregungszustand versetzt wird.

Man injiziert bei Hunden und Katzen von einer 5% Methylenblaulösung 500 bis 600 ccm subkutan oder 60 ccm intravenös (Horsley[143])).

Das beschriebene Verhalten wurde von Ehrlich[77]) zuerst bei Verwendung von Indophenolweiß entdeckt, welches in der Hirnrinde zu dem blauen Farbstoff oxydiert ist. Bei starker elektrischer Reizung tritt nach einer kurzen Latenz die Reduktion ein, so daß sich weiße, um die Elektrodenstellen gelegene Kreise scharf vom blauen Untergrund abheben.

---

*) Ein Versuch, den Gaswechsel des Gehirns direkt zu bestimmen, ist, wie ich noch sehe, von Hill und Nabarro[136a]) gemacht worden; vgl. hierzu die von Barcroft (Ergebn. d. Physiol. 7, 1908, 753 ff.) erhobenen Einwände.

Auf die schon besprochene Methode der Temperaturmessung des Gehirns (S. 33) sei auch in diesem Zusammenhang nochmals verwiesen.

F. Bemerkungen über Sektion und mikroskopische Untersuchung.

Die vorliegende Darstellung darf nicht abgeschlossen werden, ohne daß auf die Notwendigkeit einer sorgfältigen Sektion und eingehenden mikroskopischen Untersuchung des Zentralnervensystems operierter Tiere hingewiesen wird. Denn bei den zahlreichen Schwierigkeiten, die sich fast stets dem gesetzten Ziel entgegenstellen, ist es in den meisten Fällen erst durch die eingehende post mortem ausgeführte Untersuchung möglich, sich über den Umfang der tatsächlich ausgeführten Verletzung im einzelnen zu orientieren. So wird diese Untersuchung zu einem sehr wesentlichen Bestandteil der physiologischen Methodik am Zentralnervensystem überhaupt.

Für die Zwecke der Sektion tötet man die Tiere am besten in tiefer Narkose durch Eröffnen der Halsgefäße, da die Sektion bei möglichster Blutleere sehr erleichtert ist. Bei kleinen Vögeln (Tauben) ist es am einfachsten, durch einen schnellen Schnitt den Hals zu durchschneiden. Die Schädelkapsel ist in möglichst großem Umfange ohne Verletzung der Dura zu eröffnen;*) bei Operationen am Hirn fange man nicht an der Operationsstelle an, sondern gehe gegen diese von den Seiten aus vor; ebenso eröffnet man bei Operationen am Rückenmark den Wirbelkanal an einer dem Operationsort entfernten Stelle. An den Operationsstellen ist, nach längerer Lebensdauer des Tieres, darauf zu achten, daß nicht durch versehentliches Abreißen der mit der Dura verwachsenen Narbe eine Beschädigung gerade der wichtigsten Teile eintritt; man läßt am besten die ganze Narbe in Verbindung mit dem Mark oder Hirn und schneidet sie bei der mikroskopischen Untersuchung ebenfalls mit. Nach ausgiebiger Freilegung, bei welcher ja die umliegenden Knochen und Weichteile in der Regel nicht geschont zu werden brauchen, wird das Gehirn am besten vom vorderen Pol aus in Angriff genommen. Nach Loslösen der Riechlappen sind die Sehnerven in der Tiefe zu durchschneiden und hierbei sowie bei den sogleich folgenden Durchschneidungen der anderen Hirnnerven darf das Gehirn nur so wenig wie möglich aufgehoben werden, damit Zerrungen, die eventuell bei der mikroskopischen Untersuchung zu Täuschungen führen, vermieden werden. Das Gehirn fasse man nur mit befeuchteten Fingern an, da durch Festkleben am trockenen Finger besonders Gehirne kleiner Tiere leicht beschädigt werden. Nach der Herausnahme werden oberflächliche Läsionen am besten gleich photographiert.

Die Härtung und weitere Behandlung hat sich selbstverständlich nach der speziellen Methode, nach welcher die mikroskopische Untersuchung vorgenommen werden soll, zu richten. Wegen dieser ist im ganzen auf die Handbücher der mikroskopischen Technik zu verweisen;**) für Zelluntersuchungen kommen hauptsächlich die Nisslsche Methode, sowie die neueren Fibrillenmethoden in Betracht; für die in der Regel genügende Untersuchung der degenerierten Fasersysteme aber vor allem die Marchische Osmiummethode. Bei ihrer Wichtigkeit seien noch einige Worte über ihre Anwendung gesagt. Die Fixierung geschieht in Müllerscher Flüssigkeit, in welche das Gehirn ohne Dura und das Rückenmark nach Entfernung des aufliegenden Fetts und Schlitzung der Dura auf der Ventral- und Dorsalseite zunächst ohne weitere Einschnitte eingelegt wird, besonders wenn die Sektion sich dem Tode unmittelbar an-

*) Wenn ein Gehilfe zur Fixierung des Kopfes nicht zur Verfügung steht, wird der von Baum[10]) empfohlene Schädelhalter gute Dienste leisten können. (Zu beziehen vom Mechaniker Albrecht, Dresden.)

**) Eine übersichtliche Zusammenfassung gibt z. B. Spielmeyer[330]).

schloß, was nach Möglichkeit immer der Fall sein sollte. Am nächsten Tage macht man in das Rückenmark mit dem Rasiermesser quere, $1/2$—1 cm voneinander entfernte Einschnitte, läßt aber die einzelnen Stücke durch die Dura miteinander in Verbindung bleiben. Das Gehirn wird entweder aus freier Hand mit dem Rasiermesser (was für die meisten Zwecke genügt) oder mit einem der besonders hierfür angegebenen Apparate*) in Stücke zerlegt. Für viele Zwecke sind 3—4 mm dicke Querscheiben am geeignetsten. Die Müllersche Flüssigkeit ist häufig zu wechseln; die Stücke bleiben in ihr am besten nur zwei bis drei Wochen, weil nach längerem Aufenthalt die Osmiummischung schlechter eindringt. Diese selbst (2 Teile Müller Fl. + 1 Teil Osmiumsäure 1 %) läßt man je nach der Dicke des Stücks 8—14 Tage einwirken und sorgt durch häufigen Zusatz von frischer Lösung dafür, daß stets genügend Osmium vorhanden ist; die gut verschlossene Lösung darf nie den stechenden Geruch verlieren. Die Hirnstücke werden auf Glasperlen oder dgl. gelegt. Die Einbettung in Celloidin hat nicht zu langsam zu erfolgen, jedoch ist auf gründliches Wässern (2 Tage in fließendem Wasser) nach der Einwirkung der Marchischen Mischung großer Wert zu legen.**) Für die in der Regel wenigstens für die Operationsstelle notwendigen Schnittserien kann eine Schnittdicke von 50—60 μ gewählt werden, wodurch sich dünnen Schnitten gegenüber die Arbeit vereinfacht, ohne daß die Sicherheit der mikroskopischen Untersuchung leidet. Für manche Fälle, besonders sehr große Gehirne, mag die Zerlegung in dünnste Scheiben mit den erwähnten Apparaten (vgl. Anm.) nach Formalinfixierung an Stelle der mikroskopischen Schnittserie genügen.

Soll ein Fall untersucht werden, in welchem die Lebensdauer nach der Operation für das Auftreten von Degenerationsprodukten, die mit Osmium darstellbar sind, zu kurz war, so empfiehlt sich trotzdem am meisten die Anwendung der Marchischen Methode, da sie eine sehr klare Darstellung auch der normalen Markfasern gibt und anderen Methoden gegenüber den Vorzug relativer Einfachheit besitzt.

Wegen der bei Verwendung der Marchi-Methode möglichen Täuschungen und Fehler, die sich nur bei einiger Erfahrung vermeiden lassen, kann auf die Mitteilungen von Spielmeyer[328]) und Lewy[200]) u. a. verwiesen werden.

G. Schlußbemerkungen.

Nachdem im vorigen versucht wurde, den heutigen Stand der für die Untersuchung des Zentralnervensystems zur Verfügung stehenden physiologischen Methoden wiederzugeben, ist es vielleicht erlaubt, zum Schluß nochmals auf das einleitend Gesagte zurückzugreifen. Es darf die Vermutung ausgesprochen werden, daß in Zukunft die Verfeinerung der Methodik, nicht nur für operative Eingriffe, sondern auch für die funktionelle Prüfung jeder Art, eine maßgebende Rolle spielen wird. Vielleicht kann unter anderem auch an eine weitere Anwendung der Untersuchung der Aktionsströme gedacht werden, welche es möglich erscheinen läßt, über den Tätigkeitszustand einer Stelle des Zentralapparats auch dann etwas zu erfahren, wenn für diesen keine weiteren Anzeichen vorliegen.

Möge dieser Versuch einer zusammenfassenden Darstellung der zur Untersuchung des Zentralnervensystems dienenden physiologischen Methoden dazu beitragen, daß die bis jetzt vorliegenden Methoden mit Kritik benutzt und ständig weiter vervollkommnet, sowie daß neue Methoden ersonnen werden. Denn nur davon sind weitere Fortschritte in der Erkenntnis zu erwarten.

*) z. B. von Starlinger[334]), von Horsley und Clarke[143]).

**) Die Methode der Weiterbehandlung ohne Celloidineinbettung kann der Arbeit von Lewy[200]) entnommen werden.

Literatur.

1) Apolant, H., Über das Gangliou ciliare. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1896, 344.

2) Apolant, H., Über die Beziehungen des Nervus oculomotorius zum Ganglion ciliare. Arch. f. mikroskop. Anat. **47**, 1896, 655.

3) Aronsohn, E., und J. Sachs, Die Beziehungen des Gehirns zur Körperwärme und zum Fieber. Pflügers Arch. **37**, 1885, 232.

4) Asher, L., uud J. P. Arnold, Fortgesetzte Untersuchungen über die Innervation der Atmung und des Kreislaufs nach unblutiger Ausschaltung zentraler Teile. Zeitschr. f. Biol. **40**, 1900, 271.

5) Asher, L., und Lüscher, L., Untersuchungen über die Iunervation der Atmung und des Kreislaufs nach unblutiger Ausschaltung zentraler Teile. Zeitschr. f. Biol. **38**, 1899, 499.

6) Babinsky, A., und C. Lehmann, Zur Funktion des Corpus striatum (Nucleus caudatus). Virchows Arch. **106**, 1866, 258.

7) Bach, L., und H. Meyer, Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit der Pupillenreaktion und Pupillenweite von der Medulla oblongata et spinalis. Arch. f. Ophthalm. **55**, 1903, 414.

8) Baer, A., Über gleichzeitige elektrische Reizung zweier Großhirnstellen am ungehemmten Hunde. Pflügers Arch. **106**, 1905, 523.

9) Bang, J., M. Ljungdahl und V. Bohm, Untersuchungen über den Glykogenansatz in der Kaninchenleber. 2. Mitt. Hofm. Beitr. **10**, 1907, 1.

10) Baum, Schädelhalter für Sektionszwecke. Pflügers Arch. **99**, 1903, 92.

11) Bayliss, W. M., On the origin from the spinal cord of the vasodilator fibres of the hind-limb, and on the nature of these fibres. Journ. of physiol. **26**, 1900—01, 173.

12) Bayliss, W. M., and L. Hill, On intra-cranial pressure and the cerebral circulation. Journ. of physiol. **18**, 1895, 334.

13) Bechterew, W., Ergebnisse der Durchschneidung des Nervus acusticus nebst Erörterung der Bedeutung der semizirkulären Kanäle für das Körpergleichgewicht. Pflügers Arch. **30**, 1883, 312.

14) Bechterew, W., Über die Verbindung der sogenannten peripheren Gleichgewichtsorgane mit dem Kleinhirn. Versuche mit Durchschneidung der Kleinhirnstile. Pflügers Arch. **34**, 1884, 375.

15) Bechterew, W., Die Bedeutung der Sehhügel auf Grund von experimentellen und pathologischen Daten. Virchows Arch. **110**, 1887, 102 u. 322.

16) Bechterew, W., Über die Erscheinungen, welche die Durchschneidung der Hinterstränge des Rückenmarks bei Tieren herbeiführt, und über die Beziehungen dieser Stränge zur Gleichgewichtsfunktion. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1890, 489.

17) Beck, A., Die Bestimmung der Lokalisation der Gehirn und Rückenmarksfunktionen vermittels der elektrischen Erscheinungen. Zentralbl. f. Physiol. **4**, 1890, 473. (Vgl. in polnischer Sprache: Abh. d. Akad. Wiss. Krakau, **21**.)

18) Beck, A., und N. Cybulski, Weitere Untersuchungen über die elektrischen Erscheinungen in der Hirnrinde der Affen und Hunde. Zentralbl. f. Physiol. **6**, 1892, 1.

19) Beer, Th., und A. Kreidl, Über den Ursprung der Vagusfasern, deren zentrale Reizung Verlangsamung resp. Stillstand der Atmung bewirkt. Pflügers Arch. **62**, 1896, 156.

20) Beevor, Ch. E., and V. Horsley, A minute analysis (experimental) of the various mouvements produced by stimulating in the monkey different regions of the cortical centre for the upper limb. Philos. Transact. Roy. Soc. **178. B**, 1887, 153.

21) Beevor, Ch. E., and V. Horsley, A further minute analysis by electric stimulation of the so-called motor region of the cortex cerebri in the monkey (Macacus sinicus). Philos. Transact. Roy. Soc. **179. B**, 1888, 205.

22) Beevor, Ch. E., and V. Horsley, Note on some of the motor functions of certain cranial nerves and of the three first cervical nerves, in the monkey (Macacus sinicus). Proc. Roy. Soc. London **44**, 1888, 269.

23) Beevor, Ch. E., and V. Horsley, An experimental investigation into the arrangement of the excitable fibres of the internal capsule of the Bonnet Monkey (Macacus sinicus). Philos. Transact. Roy. Soc. **181. B**, 1890, 49.

24) Beevor, Ch. E., and V. Horsley, A record of the results obtained by electrical excitation of the so-called motor cortex and internal capsule in an Orang-Outang (Simia satyrus). Philos. Transact. Roy. Soc. **181. B**, 1890, 129.

25) Beevor, Ch. E., and V. Horsley, A further minute analysis by electric stimulation of the so-called motor region (facial area) of the cortex cerebri in the monkey (Macacus sinicus). Philos. Transact. Roy. Soc. **185. B**, 1894, 39.

26) Belmondo, E., et R. Oddi, De l'influence des racines spinales postérieures sur l'excitabilité des racines antérieures. Arch. ital. de biol. **15**, 1891, 17.

27) Berger, H., Zur Lehre von der Blutzirkulation in der Schädelhöhle usw. Jena 1901.

28) Bernhardt, M., Über den Zuckerstich bei Vögeln. Virchows Arch. **59**, 1874, 407.

29) Bernheimer, St., Die Reflexbahn der Pupillarreaktion. Nach anatomischen Untersuchungen an embryonalen Gehirnen des Menschen und Experimenten an Affen. Arch. f. Ophthalm. **47**, 1898, 1.

30) Bernheimer, St., Experimentelle Untersuchungen über die Bahnen der Pupillarreaktion. Sitz.-Ber. Wien. Akad. Wiss. **107** (**3**), 1898, 98.

31) Bernheimer, St., Experimentelle Studien zur Kenntnis der Bahnen der synergischen Augenbewegungen beim Affen und der Beziehungen der Vierhügel zu denselben. Sitz.-Ber. Wien. Akad. Wiss. **108** (**3**), 1899, 299.

32) Bianchi, L., The functions of the frontal lobes. Brain **18**, 1895, 497.

33) Bickel, A., Über den Einfluß der sensiblen Nerven und der Labyrinthe auf die Bewegungen der Tiere. Pflügers Arch. **67**, 1897, 299.

34) Bickel, A., Zur vergleichenden Physiologie des Großhirns. Pflügers Arch. **72**, 1898, 190.

35) Bikeles, G., und A. Gizelt, Physiologische Untersuchungen am Hund. 1. Über Ursprung der sensiblen und motorischen Fasern der wichtigsten Nerven der hinteren Extremität (samt Ergebnissen der Reizung vorderer und hinterer Wurzeln), 2. Über den (radikulären) Verlauf des sensiblen Teiles des Reflexbogens beim Patellarreflex einerseits und bei Hautreflexen andererseits. Pflügers Arch. **106**, 1905, 43.

36) Bikeles, G., und J. Zaluska, Zur Herkunft der sensiblen Nervenfasern der Quadricepssehne und der Achillessehne beim Hund. Pflügers Arch. **111**, 1906, 376.

37) Biedl, A., Diskussionsbemerkung (u. a. Hypophysenexstirpation) in: Wien. klin. Wochenschr. **10**, 1897, 195.

38) Biedl, A., und M. Reiner, Studien über Hirnzirkulation und Hirnödem. 1. Mitteilg. Pflügers Arch. **73**, 1898, 385.

39) Biehl, K., Über die intrakranielle Durchtrennung des Nervus vestibularis und deren Folgen. Sitz.-Ber. Wien. Akad. Wiss. **109** (**3**), 1900, 324.

40) Bing, R., Experimentelles zur Physiologie der Tractus spino-cerebellares. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1906, 250.

41) Binnerts, A., Over localisatie van functies in het cerebellum. Dissertation, Amsterdam 1908, zit. n. Folia neuro-biol. **2**, 1908, 81.

42) Birge, E. A., Über die Reizbarkeit der motorischen Ganglienzellen des Rückenmarks. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1882, 481.

43) Blumenthal, F., Über Zerebrospinalflüssigkeit. Ergebnisse d. Physiol. **1** (1), 1902, 285.

44) Blumreich, L., und L. Zuntz, Zur Methodik der Hirnreizung usw. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1901, Suppl. 266.

45) de Boeck, Die Reizung des Kaninchenrückenmarks mit der Nadel. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1889, 238.

46) du Bois-Reymond, E., Abänderung des Stensonschen Versuches für Vorlesungen. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Reichert und du Bois-Reymond) 1860, 639.

47) du Bois-Reymond, R., und P. Silex, Über kortikale Reizung der Augenmuskeln. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1899, 174.

48) Bolk, L., Das Cerebellum der Säugetiere. Eine vergleichend-anatomische Untersuchung. Jena (Fischer) 1906.

49) Borchert, M., Experimentelle Untersuchungen an den Hintersträngen des Rückenmarkes. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1902, 390.

50) Boyce, R., A contribution to the study of descending degenerations in the brain and spinal cord, and of the seat of origin and paths of conduction of the fits in absinthe epilepsy. Philos. Transact. Roy. Soc. **186. B**, 1895, 321.

51) Bradford, J. R., The innervation of the renal blood vessels. Journ. of physiol. **10**, 1889, 358.

52) Braunstein, E. P., Zur Lehre von der Innervation der Pupillenbewegung. Wiesbaden 1894. Darin über Vierhügel S. 117; Trigeminus S. 71, 76; Oculomotorius S. 91.

53) Brown, S., and E. A. Schäfer, An investigation into the functions of the occipital and temporal lobes of the monkeys brain. Philos. Transact. Roy. Soc. **179. B**, 1888, 303.

54) Bubnoff, N., und R. Heidenhain, Über Erregungs- und Hemmungsvorgänge innerhalb der motorischen Hirnzentren. Pflügers Arch. **26**, 1881, 137.

55) Bumm, A., Experimentelle Untersuchungen über das Corpus trapezoides und den Hörnerven der Katze. Wiesbaden (Bergmann) 1893.

56) Cadman, A. W., The position of the respiratory and cardio-inhibitory fibres in the rootlets of the IXth, X^th^ and XIth cranial nerves. Journ. of physiol. **26**, 1900—01, 42.

57) Christiani, A., Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Kaninchenhirnes und seiner Nerven. Monatsber. d. Akad. Wiss. Berlin 1881, 213.

58) Christiani, A., Zur Kenntnis der Funktionen des Großhirns beim Kaninchen. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Berlin 1884 (**1**), 635.

59) Claparède, E., Die Methoden der tierpsychologischen Beobachtungen und Versuche. III. Kongr. f. experiment. Psychologie. Besonders erschienen in „Über Tierpsychologie", 2 Vorträge von Edinger und Claparède, Leipzig (Barth) 1909.

60) Corona, Presentazione di un trequarti modificato per praticare lesioni sperimentali nelle regioni profonde del cervello. Arch. ital. de Biol. **36**, 1901, 166.

61) Cowl, W., Ein allgemeiner Tierhalter und Operationsbrett. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1896, 185.

62) Curschmann, H., Klinisches und Experimentelles zur Pathologie der Kleinhirnschenkel. Deutsches Arch. f. klin. Med. **12**, 1874, 356.

63) Cyon, E., Über den Einfluß der Temperaturänderungen auf die zentralen Enden der Herznerven. Pflügers Arch. **8**, 1874, 340.

64) Cyon, E., Methodik der physiologischen Experimente und Vivisektionen. Gießen 1876.

65) v. Cyon, E., Die physiologischen Verrichtungen der Hypophyse. Pflügers Arch. **81**, 1900, 267.

66) v. Cyon, E., Zur Physiologie der Zirbeldrüse. Pflügers Arch. **98**, 1903, 327.

67) Deganello, U., Action de la température sur le centre bulbaire inhibiteur du coeur et sur le centre bulbaire vasoconstricteur. Arch. ital. de Biol. **33**, 1900, 186.

68) Dittmar, C., Über die Lage des sogenannten Gefäßzentrums in der Medulla oblongata. Ber. Sächs. Ges. Wiss. Leipzig, 1873, 449.

69) Eckhard, C., Die Stellung der Nerven beim künstlichen Diabetes. Eckhards Beitr. z. Anat. u. Physiol. **4**, 1.

70) Eckhard, C., Untersuchungen über Hydrurie. Eckhards Beitr. **5**, 1870, 147.

71) Eckhard, C., Zur Frage über die trophischen Funktionen des Trigeminus. Zentralbl. f. Physiol. **6**, 1892, 328.

72) Eckhard, C., Der auf Lichtreiz erfolgende Lidreflex. Zentralbl. f. Physiol. **9**, 1895, 351.

73) Eckhard, C., Zur Deutung der Entstehung der vom vierten Ventrikel aus erzeugbaren Hydrurien. Zeitschr. f. Biol. **44**, 1903, 407.

74) Economo, C. J., Die zentralen Bahnen des Kau- und Schluckaktes. Pflügers Arch. **91**, 1902, 637.

75) Economo, C. J., und J. P. Karplus, Pedunculusdurchschneidungen und experimentelle Chorea. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde. **36**, 1908.

76) Ehrlich und Brieger, Über die Ausschaltung des Lendenmarkgrau. Zeitschr. f. klin. Med. **7**, 1884, Suppl.

77) Ehrlich, P., Das Sauerstoffbedürfnis des Organismus. Berlin 1885, Hirschwald. Darin S. 79.

78) Ehrlich, P., Über die Methylenblaureaktion der lebenden Nervensubstanz. Biol. Zentralbl. **6**, 1886—87, 214.

79) Ellenberger, W., und H. Baum, Systematische und topographische Anatomie des Hundes. Berlin 1891.

80) Erhardt, E., Über die Verwendung von Gummi als Zusatz zum Anästhetikum bei Lumbalanästhesie. Münchn. med. Wochenschr. 1908, Nr. 19.

81) Ewald, J. R., Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus octavus. Wiesbaden 1897.

82) Ewald, J. R., Die Folgen von Großhirnoperationen an labyrinthlosen Tieren. Verh. Kongr. f. inn. Med. **15**, 1897, 245.

83) Ewald, J. R., Über künstlich erzeugte Epilepsie. Berl. klin. Wochenschr. **35**, 1898, 698 und Neurol. Zentralbl. **17**, 1898, 619.

84) Exner, S., Zur Kenntnis von der Wechselwirkung der Erregungen im Zentralnervensystem. Pflügers Arch. **28**, 1882, 487.

85) Exner, S., und J. Paneth, Versuche über die Folgen der Durchschneidung von Assoziationsfasern am Hundehirn. Pflügers Arch. **44**, 1889, 544.

86) Eyre, J. W. H., und J. C. Kennedy, The temperature of the normal monkey. Journ. of physiol. **35**, 1907, XXX.

87) Ferrier, D., and W. A. Turner, A record of experiments illustrative of the symptomatology and degeneration following lesions of the cerebellum and its peduncles and related structures in monkeys. Philos. Transact. Roy. Soc. London **185. B**, 1895, 719.

88) Ferrier, D., and W. A. Turner, An experimental research upon cerebro-cortical afferent and efferent tracts. Philos. Transact. Roy. Soc. London **190. B**, 1898, 1.

89) Ferrier, D., and W. A. Turner, Experimental lesion of the corpora quadrigemina in monkeys. Brain. **24**, 1901, 27.

90) Filehne, W., und J. Biberfeld, Über Motilitätsstörungen nach Kokainisierung verschiedener Rückenmarkstellen. Pflügers Arch. **105**, 1904, 321.

91) Flatau, E., und L. Jacobsohn, Handbuch der Anatomie und vergleichenden Anatomie des Zentralnervensystems der Säugetiere. I. Makroskopischer Teil. Berlin 1899. S. Karger.

92) Flourens, P., Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. 2. Édition, Paris 1842. (Darin S. 502.)

93) Franz, Sh. J., On the functions of the cerebrum: I. The frontal lobes in relation to the production and retention of simple sensory-motor habits. Americ. journ. of physiol. 8, 1902, 1.

94) Franz, Sh. J., Über die sogenannte Dressurmethode für Zentralnervensystemuntersuchungen. Zentralbl. f. Physiol. **21**, 1907, 583. Vgl. die weiteren dort angeführten Mitteil. v. Franz, sowie: Arch. of Psychology 1907, zit. n. Zentralbl. f. Physiol. **22**, 1908, 28.

95) Fraser, E. H., On the posterior longitudinal bundle and the prepyramidal tract. Journ. of physiol. **27**, 1901, IV.

96) Friedenthal, H., Beiträge zur physiologischen Chirurgik. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1904, 579.

97) Friedmann, Fr. Fr., und O. Maas, Über Exstirpation der Hypophysis cerebri. Berl. klin. Wochenschr. **37**, 1900, 1213.

98) Friedmann, Fr., Noch einige Erfahrungen über Exstirpation der Hypophysis cerebri und über Transplantation von Karzinom und Thyreoidea auf die Hypophysis. Berl. klin. Wochenschr. **39**, 1902, 436.

99) Fritsch, G., und E. Hitzig, Über die elektrische Erregbarkeit des Großhirns. Reichert und Du Bois-Reymond Arch. 1870, 300.

100) Fröhlich, A., and C. S. Sherrington, Path of impulses for inhibition under decerebrate rigidity. Journ. of physiol. **28**, 1902, 14.

101) Fuchs, R. F., Physiologisches Praktikum für Mediziner. Wiesbaden 1906. Darin S. 196.

102) Gad, J., Einiges über Zentren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches. Verh. d. Physikal. Ges. Würzburg. N. F. **18**, Nr. 8, 1884, 146.

103) Gad (und Marinescu), Über das Atmungszentrum in der Medulla oblongata. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1893, 179.

104) Gaule, Physiologische Demonstrationen. Korresp.-Blatt f. Schweiz. Ärzte **20**, 1890, 319.

105) Gies, W. J., On the irritability of the brain during anaemia. Americ. journ. of physiol. **9**, 1903, 131.

106) Goldmann (und Edinger), Zur hirnchirurgischen Technik. Arch. f. Psychiatrie **39**. (Ber. d. Neurologenversammlg. Baden-Baden 1904.)

107) Goltz, Fr., Über die Funktionen des Lendenmarks des Hundes. Pflügers Arch. 8, 1874, 460.

107a) Goltz, Fr. (und E. Gergens), Über die Verrichtungen des Großhirns. Pflügers Arch. **13**, 1876, 1. Darin S. 16, 31.

108) Goltz, Fr., Über die Verrichtungen des Großhirns. 5. Abh. Pflügers Arch. **34**, 1884, 450.

109) Goltz, Fr., Über die Verrichtungen des Großhirns. 6. Abh. Pflügers Arch. **42**, 1888, 419.

110) Goltz, Fr., Der Hund ohne Großhirn. Pflügers Arch. **51**, 1892, 570.

111) Goltz, Fr., Beobachtungen an einem Affen mit verstümmeltem Großhirn. Pflügers Arch. **76**, 1899, 411.

112) Goltz, Fr. und J. R. Ewald, Der Hund mit verkürztem Rückenmark. Pflügers Arch. **63**, 1896, 362.

113) Gotch, Fr. and V. Horsley, On the mammalian nervous system, its functions and their localisation determined by an electrical method. Philos. Transact. Roy. Soc. London. **182. B.**, 1891, 267.

114) Gottlieb, R. und R. Magnus, Über den Einfluß der Digitaliskörper auf die Hirnzirkulation. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. **48**, 1902, 262.

115) Grosglik, A., Zur Physiologie der Stirnlappen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1895, 98.

116) Gross, O., Untersuchungen über das Verhalten der Pupille auf Lichteinfall nach Durchschneidung der Sehnerven beim Hund. Pflügers Arch. **112**, 1906, 302.

117) Grossmann, M., Über die Atembewegungen des Kehlkopfes. I. Teil. Das Respirationszentrum insbesondere des Kehlkopfes. Sitz.-Berichte d. Akad. d. Wiss. zu Wien, Math.-naturwiss. Kl. Abt. 3. **98**, 1889, 385.

118) Grossmann, M., Über die Atembewegungen des Kehlkopfes. II. Teil. Die Wurzelfasern der Kehlkopfnerven. Ebenda. 466.

119) Grossmann, M., Über den Ursprung der Hemmungsnerven des Herzens. Pflügers Arch. **59**, 1895, 1.

120) Grünbaum, A. S., Note on the degenerations following double transverse, longitudinal, and anterior cornual lesions of the spinal cord. Journ. of physiol. **16**, 1894, 368.

121) Guillebeau, A. und B. Luchsinger, Fortgesetzte Studien am Rückenmark. Pflügers Arch. **28**, 1882, 61. Darin Anhang.

122) Gumprecht, F., Versuche über die physiologischen Wirkungen des Tetanusgiftes im Organismus. Pflügers Arch. **59**, 1895, 105.

123) Guthrie, C. C., Some physiologic aspects of blood-vessel surgery. Journ. of the americ. medic. association. **51**, 1908, 1658.

124) Guthrie, C. C., F. H. Pike and G. N. Stewart, The maintenance of cerebral activity in mammals by artificial circulation. Americ. journ. physiol. **17**, 1906, 344.

125) Heidenhain, R., Über bisher unbeachtete Einwirkungen des Nervensystems auf die Körpertemperatur und den Kreislauf. Pflügers Arch. **3**, 1870, 504.

126) Heineke, H., und A. Laewen, Experimentelle Untersuchungen über Lumbalanästhesie. Arch. f. klin. Chirurgie. **81.** (1), 1906, 373.

127) Hensen, V. und C. Völkers, Über den Ursprung der Akkommodationsnerven, nebst Bemerkungen über die Funktion der Wurzeln des Nervus oculomotorius. v. Graefes Arch. f. Ophthalm. **24**, 1878, 1.

128) Hering, H. E., Über zentripetale Ataxie beim Menschen und beim Affen. Neurolog. Zentralbl. 1897, 1077.

129) Hering, H. E., Beitrag zur experimentellen Analyse koordinierter Bewegungen. Pflügers Arch. **70**, 1898, 559.

130) Hering, H. E., Das Verhalten der langen Bahnen des zentralen Nervensystems nach Anämisierung. Zentralbl. f. Physiol. **12**, 1898, 313.

131) Hering, H. E., Methode zur Isolierung des Herz—Lungen—Koronarkreislaufs bei unblutiger Ausschaltung des ganzen Zentralnervensystems. Pflügers Arch. **72**, 1898, 163.

132) Hering, H. E., Über Großhirnrindenreizung nach Durchschneidung der Pyramiden oder anderer Teile des zentralen Nervensystems mit besonderer Berücksichtigung der Rindenepilepsie. Wiener klin. Wochenschr. **12**, 1899, 831.

133) Hering, H. E. und C. S. Sherrington, Über Hemmung der Kontraktion willkürlicher Muskeln bei elektrischer Reizung der Großhirnrinde. Pflügers Arch. **68**, 1897, 222.

134) Hermann, L., Leitfaden für das physiologische Praktikum. Leipzig 1898. Darin S. 114. (Nr. 58 u. 59.)

135) Hess, C., Über Dunkeladaptation und Sehpurpur bei Hühnern und Tauben. Arch. f. Augenheilk. **57**, 1907, 298.

— Ders. Untersuchungen über Lichtsinn und Farbensinn der Tagvögel. Ebenda. **57**, 1907, 317.

— Ders. Untersuchungen über das Sehen und über die Pupillenreaktion von Tag- und von Nachtvögeln. Ebenda. **59**, 1908, 143.

136) Hill, L., On cerebral anaemia and the effects which follow ligation of the cerebral arteries. Trans. Roy. Soc. **193. B.** 1900, 69.

136a) Hill, L., and D. N. Nabarro, On the exchange of blood-gases in brain and muscle during states of rest and activity. Journ. of physiol. 18, 1895, 218.

137) Hitzig, E., Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Gesammelte Abhandlungen. Berlin 1904.

Teil I. Untersuchungen über das Gehirn.

Im folgenden ist der ursprüngliche Publikationsort der hier in Betracht kommenden Abhandlungen angegeben:

II. Reichert u. du Bois-Reymonds Arch. 1870.
III. „ u. „ „ „ 1873.
V. „ u. „ „ „ 1874.
XII. Berliner klin. Wochenschr. 1886.

Teil II. Alte und neue Untersuchungen über das Gehirn.

III. Historisches, Kritisches und Experimentelles über Methoden und Theorien der Großhirnforschung.

138) Hoche, A., Vergleichend-anatomisches über die Blutversorgung der Rückenmarksubstanz. Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol. **1**, 1899, 241.

139) Hoche, A., Experimentelle Beiträge zur Pathologie des Rückenmarks. I. Veränderungen im Rückenmark nach aseptischer Embolie. Arch. f. Psychiatr. **32**, 1899, 209.

140) Hofmann, M., Zur vergleichenden Anatomie der Gehirn- und Rückenmarksarterien der Vertebraten. Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol. **2**, 1900, 247.

141) Hofmann, M., Zur vergleichenden Anatomie der Gehirn- und Rückenmarksvenen der Vertebraten. Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol. **3**, 1901, 239.

142) Holmes, G. M., The nervous system of the dog without a forebrain. Journ. of physiol. **27**, 1901, 1.

143) Horsley, V. and R. H. Clarke, The structure and funtions of the cerebellum examined by a new method. Brain **31**, 1908, 45.

144) Horsley, V. and E. A. Schäfer, Experiments on the charakter of the muscular contractions which are evoked by excitation of the various parts of the motor tract. Journ. of physiol. **7**, 1886, 96.

145) Horsley, V. and E. A. Schäfer, A record of experiments upon the functions of the cerebral cortex. Philos. Transact. Roy. Soc. **179. B.**, 1888, 1.

146) Imamnra, S., Über die koıtikalen Störungen des Sehaktes nnd die Bedentung des Balkens. Pflügers Arch. **100**, 1903, 495.

147) Ito, H., Über den Ort der Wärmebildung nach Gehirnstich. Zeitschr. f. Biol. **38**, 1899, 95.

148) Johansson, J. E., Ein neues Stativ für operative Tierversuche. Skandin. Arch. f. Physiol. **8**, 1898, 143.

149) Jolly, W. A. and S. Simpson, The functions of the rolandic cortex in monkeys. Proc. Roy. Soc. Edinburgh. **27**, 1907, 64.

150) Kahn, R. H., Über die Erwärmnng des Karotidenblutes. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. Suppl. 1904, 81.

151) Kalberlah, Über die Augenregion nnd die vordere Grenze der Sehsphäre Mnnks. Arch. f. Psychiatr. **37.** 1903, 1014.

152) Kalischer, O., Über Großhirnexstirpationen bei Papageien. Sitz.-Berichte d. Berliner Akad. d. Wiss. **2**, 1900, 722.

153) Kalischer, O., Weitere Mitteilnng zur Großhirnlokalisation bei den Vögeln. Sitz.-Berichte d. Berliner Akad. d. Wiss. 1901 (1), 428.

154) Kalischer, O., Das Großhirn der Papageien in anatomischer nnd physiologischer Beziehung. Abh. d. Akad. d. Wiss. Berlin. 1905, IV, 1.

155) Kalischer, O., Zur Fnnktion des Schläfenlappens des Großhirns. Eine neue Hörprüfungsmethode bei Hunden; zugleich ein Beitrag zur Dressur als physiologische Untersuchnngsmethode. Sitz.-Berichte d. Akad. d. Wiss. Berlin 1907 (1), 204.

156) Kalischer, O., Einige Bemerkungen über meine Dressurmethode. Zentralbl. f. Physiol. **21**, 1907, 585.

157) Kalischer, O., Über den Sitz der Tondressur bei Hunden. Zentralbl. f. Physiol. **22**, 1908, 495.

158) Kalischer, O. und M. Lewandowsky, Über die Anwendung der Dressurmethode zur Bestimmung der Leitung im Rückenmark. Zentralbl. f. Physiol. **21**, 1907, 687.

159) Kalischer, O., Demonstration einer Prüfungsmethode des Gernchssinnes bei Hunden. Physiol. Ges. Berlin. Jan. 1908. Ref. in Deutsche med. Wochenschr. **34 (1)**, 1908, 258.

160) Karplus, J. P. und A. Kreidl, Gehirn und Sympathikus. I. Mitt. Zwischenhirnbasis und Halssympathikus. Pflügers Arch. **129**, 1909, 138.

161) Karplus und Spitzer, Methode zur Freilegung der Brücke. Zentralbl. f. Physiol. **19**, 1905, 844. Vgl. Arb. a. d. neurolog. Inst. d. Univ. Wien. **16**, 1907, 348.

162) Keller, R., Über die Folgen von Verletzungen in der Gegend der unteren Olive bei der Katze. Arch. f. Anat. (u. Physiol.). 1901, 177.

163) Knoll, Ph., Über die Druckschwankungen in der Zerebrospinalflüssigkeit und die wechselnde Blntfülle des zentralen Nervensystems. Biolog. Zentralbl. **6**, 1886—87, 618.

164) Knoll, Ph., Beiträge zur Lehre von der Atmungsinnervation. Sitz.-Berichte d. Wiener Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Kl. **97**, Abt. 3. 1888, 163.

165) Köster, G., Zur Physiologie der Spinalganglien und der trophischen Nerven sowie zur Pathogenese der Tabes dorsalis. Leipzig 1904.

166) Kopczyński, St., Experimentelle Untersuchungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie der hinteren Spinalwurzeln. Vorl. Mitt. Neurolog. Zentralbl. **25**, 1906, 297.

167) Krause, F., Über Hirnrindenreizung beim Menschen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1904. Suppl. 484.

168) Krause, F., Hirnchirurgie. Die deutsche Klinik **8**, 1905, 953.

169) Krause, F., Chirurgie des Gehirns und Rückenmarkes. Berlin u. Wien 1908. I. Band (soweit bisher erschienen).

170) Kranse, W., Die Anatomie des Kaninchens. Leipzig, Engelmann 1884.

171) Kreidl, A., Die Wurzelfasern der motorischen Nerven des Ösophagus. Pflügers Arch. **59**, 1895, 9.

172) Kreidl, A., Experimentelle Untersuchungen über das Wurzelgebiet des Nervus glossopharyngeus, Vagus und Accessorius beim Affen. Sitz.-Berichte d. Wiener Akad. M.-n. Kl. **106**, 3. Abt. 1897, 197.

173) Kreidl, A., Über das Atmungszentrum. I. Mitt. Über die Wechselbeziehungen der Zentren für die Kehlkopfatmung. Pflügers Arch. **74**, 1899, 184.

174) Kühlwetter, E., Zur Lehre von der Lagerung der Gefäßnerven in den Wurzeln der Rückenmarksnerven. Eckhards Beitr. **11**, 1885, 23.

175) Kurzveil, Fr., Beitrag zur Lokalisation der Sehsphäre des Hundes. Pflügers Arch. **129**, 1909, 607.

176) Kussmaul, A., Untersuchungen über den Einfluß, welchen die Blutströmung auf die Bewegungen der Iris und anderer Teile des Kopfes ausübt. Verhandl. d. phys.-med. Ges. Würzburg **6**, 1856, 1.

177) Kussmaul, A. und A. Tenner, Untersuchungen über Ursprung und Wesen der fallsuchtartigen Zuckungen bei der Verblutung, sowie der Fallsucht überhaupt. Moleschotts Unters. z. Naturlehre **3**, 1857, 1.

178) Laewen, A., Vergleichende Untersuchungen über die örtliche Wirkung von Kokain, Novokain, Alypin und Stovain auf motorische Nervenstämme. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. **56**, 1906, 138.

179) Laffay, Sur un nouveau procédé de section intracranienne du facial chez le chien. Arch. de physiol. 1897, 698.

180) Lamy, H., Sur les lésions medullaires d'origine vasculaire. Des embolies expérimentales appliquées à leur étude. Arch. de physiol. 1895, 77.

181) Lamy, H., Lésions médullaires expérimentales produites par les embolies aseptiques. Arch. de physiol. 1897, 184.

182) Landois, L., Über die Erregung typischer Krampfanfälle nach Behandlung des zentralen Nervensystems mit chemischen Substanzen unter besonderer Berücksichtigung der Urämie. Wiener med. Presse 1887.

183) Landois, L., Über typische, rezidivierende Krampfanfälle, erzeugt durch Behandlung der Großhirnrinde mittels chemisch wirksamer Substanzen und über zerebrale Chorea. Deutsche med. Wochenschr. **13**, 1887, 685.

184) Lange, B., Inwieweit sind die Symptome, welche nach Zerstörung des Kleinhirns beobachtet werden, auf Verletzungen des Acusticus zurückzuführen? Pflügers Arch. **50**, 1891, 615.

185) Langendorff, O., Studien über die Innervation der Atembewegungen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1881, 78.

186) Langendorff, O., Studien über die Innervation der Atembewegungen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1888, 290.

187) Langendorff, O., Physiologische Graphik. Leipzig—Wien. 1891, 201.

188) Langendorff, O., Zur Kenntnis der sensiblen Leitungsbahnen im Rückenmark. Pflügers Arch. **71**, 1898, 401.

189) Langendorff, O. und W. Hueck, Die Wirkung des Kalziums auf das Herz. Pflügers Arch. **96**, 1903, 473.

190) Langley, J. N., The structure of the dogs brain. Journ. of physiol. **4**, 1884, 248.

191) Langley, J. N., On the origin from the spinal cord of the cervical and upper thoracic sympathetic fibres, with some observations on white and grey rami communicantes. Philos. Transact. Roy. Soc. **183. B.**, 1893, 85.

192) Langley, J. N., On the sympathetic system of birds, and on the muscles which move the feathers. Journ. of physiol. **30**, 1904, 221.

193) Langley, J. N. and H. K. Anderson, On reflex action from sympathetic ganglia. Journ. of physiol. **16**, 1894, 410.

194) Levy, A. G., An attempt to estimate fatigue of the cerebral cortex when caused by electrical excitation. Journ. of physiol. **26**, 1900—01, 210.

195) Levy-Dorn, M., Die Katze. Das Wichtigste aus ihrem Leben, ihre Behandlung bei Versuchen. Zentralbl. f. Physiol. **9**, 1895, 97.

196) Lewandowsky, M., Die Regulierung der Atmung. III. Zur Lehre von den Atemzentren und ihrer Tätigkeit. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1896, 491.

197) Lewandowsky, M., Über die Verrichtungen des Kleinhirns. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1903, 129.

198) Lewandowsky, M., Die Funktionen des zentralen Nervensystems. Jena (Fischer) 1907.

199) Lewandowsky, M. und A. Simons, Zur Physiologie der vorderen und der hinteren Zentralwindung. Pflügers Arch. **129**, 1909, 240.

200) Lewy, F. H., Degenerationsversuche am akustischen System des Kaninchens und der Katze. Zugleich ein Beitrag zur Anwendung der Marchischen Methode. Folia neuro-biologica **2**, 1909, 471.

201) Livon, Ch., Présentation d'un chien hypophysectomisé. C. r. Soc. Biol. **64**, 1908, 372 und: Contribution à la physiologie de l'hypophyse. Journ. de physiol. et de pathol. gén. **11**, 1909, 16.

202) Loeb, L., Über die Sekretionsnerven der Parotis und über Salivation nach Verletzung des Bodens des vierten Ventrikels. Eckhards Beitr. z. Anat. u. Physiol. **5**, 1870, 3.

203) Lourié, A., Über Reizungen des Kleinhirns. Neurol. Zentralbl. 1907, 652.

204) Lourié, A., Die Augenbewegungen bei Kleinhirnreizungen. Neurol. Zentralbl. 1908, 102.

205) Luchsinger, B., Über gekreuzte Reflexe. Pflügers Arch. **22**, 1880, 179.

206) Luciani, L., Das Kleinhirn. Leipzig 1893.

207) Mann, G., On the homoplasty of the brain of rodents, insectivores and carnivores. Journ. of anat. and physiol. **30**, 1896—97, 1.

208) Marburg, O., Die physiologische Funktion der Kleinhirnseitenstrangbahn (Tractus spino-cerebellaris dorsalis) nach Experimenten am Hunde. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1904, Suppl. 457.

209) Marckwald, M., Die Bedeutung des Mittelhirns für die Atmung. Zeitschr. f. Biol. **26**, 1890, 268.

210) Marrassini, A., Sopra gli effetti delle demolizioni parziali del cervelletto. Arch. di fisiol. **2**, 1905, 327.

211) Maxwell, S. S., Chemical stimulation of the motor areas of the cerebral hemispheres. Journ. of biological chemistry **2**, 1907, 183; zit. n. Zentralbl. f. Physiol. **21**, 199.

212) Maxwell, S. S., Creatin as a brain stimulant. Journ. of biological chemistry **3**, 1907, 21; zit. n. Zentralbl. f. Physiol. **21**, 644.

213) Mellus, E. L., Motor paths in the brain and cord of the monkey. Journal of nervous and mental disease 1899. 13 Seiten, Sep.-Abdr.

214) Merzbacher, L., Die Folgen der Durchschneidung der sensiblen Wurzeln im unteren Lumbalmarke, im Sakralmarke und der Cauda equina des Hundes. Ein Beitrag zur Lehre der Bewegungen des Schwanzes und des Afters. Pflügers Arch. **92**, 1902, 585.

215) Merzbacher, L., Untersuchungen über die Funktion des Zentralnervensystems der Fledermaus. Pflügers Arch. **96**, 1903, 572.

216) Miescher, F., Zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmark. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. M.-ph. Kl. 1870, 404.

217) Minkowski, O., Über die Änderungen der elektrischen Erregbarkeit des Gehirns nach Verschluß der Kopfarterien. Dissertation, Königsberg 1881.

218) Lo Monaco, D., Sur la physiologie du corps calleux et sur les moyens de recherche pour l'étude de la fonction des ganglions de la base. Arch. ital. biol. **27**, 1897, 296.

219) Lo Monaco, D., Zur Physiologie der Sehhügel. Vorl. Mitteilg. Untersuchgn. z. Naturl. usw. v. Moleschott **17**, 1900, 179.

220) v. Monakow, C., Experimentelle und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die optischen Zentren und Bahnen. Arch. f. Psychiatr. **20**, 1889, 714.

221) Mosso, A., Les phénomènes psychiques et la température du cerveau. Philos. Transact. Roy. Soc. London **183. B**, 1892, 299; vgl. Arch. ital. de biol. **18**, 1892, 277.

222) Mosso, A., La température du cerveau. Études thermométriques. Arch. ital. de biol. **22**, 1895, 264. (Vgl. A. Mosso, Die Temperatur des Gehirns, Leipzig, Veit & Co. 1894.)

223) Mott, F. W., Results of hemisection of the spinal cord in monkeys. Philos. Transact. Roy. Soc. **183. B**, 1893, 1.

224) Mott, F. W., The sensory motor functions of the central convolutions of the cerebral cortex. Journ. of physiol. **15**, 1894, 464.

225) Mott, F. W., Experimental enquiry upon the afferent tracts of the central nervous system of the monkey. Brain **18**, 1895, 1.

226) Mott, F. W., and L. Hill, The physiological and anatomical changes in the cortex cerebri resulting from anaemia produced by ligation of the cerebral arteries in animals. Journ. of physiol. **23**, 1898/99, XIX.

227) Mott, F. W., and C. S. Sherrington, Experiments upon the influence of sensory nerves upon movement and nutrition of the limbs. Proc. Roy. Soc. London **57**, 1894/95, 481.

228) Münzer, E., und H. Wiener, Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Zentralnervensystems. 1. Mitteilg. Über die Ausschaltung des Lendenmarkgrau. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharm. **35**, 1895, 113.

229) Münzer, E., und H. Wiener, Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Zentralnervensystems der Taube. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. **3**, 1898, 379.

230) Munk, H., Über die Funktionen der Großhirnrinde. Gesammelte Mitteilungen 2. Aufl. Berlin 1890. — Die ursprünglichen Publikationsorte der 16 Mitteilungen sind

I. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878, 599.
II. Berl. klin. Wochenschr. 1877.
III. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878, 162.
IV. Ebenda 1878, 547.
V. Ebenda 1879, 581.
VI. Monatsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1880, 485.
VII. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1880, 149.
VIII. Monatsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1881, 470.
IX. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1881, 455.
X. Ebenda 553.
XI. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Berlin 1882, 753.
XII. Ebenda 1883, 793.
XIII. Ebenda 1884, 549.
XIV. Ebenda 1886, 111 u. 179.
XV. Ebenda 1889, 615.
XVI. Ebenda 1890, 53.

231) Munk, H., Über die Folgen des Sensibilitätsverlustes der Extremität für deren Motilität. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Berlin **2**, 1903, 1038.

232) Munk, H., Über die Fühlsphären der Großhirnrinde. 1. Mitteilg. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1892, 679.

233) Munk, H., Über die Ausdehnung der Sinnessphären in der Großhirnrinde. II. Mitteilg. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1900, 770.

234) Munk, H., Über die Funktionen von Hirn und Rückenmark. Gesammelte Mitteilungen. Neue Folge. Berlin 1909, Hirschwald. Wiederabdruck der seit 1891 erschienenen Abhandlungen.

235) Munk, H., Über die Funktionen des Kleinhirns. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1906 (1), 443.

236) Muskens, J. J., Over degeneraties in het centrale zenuwstelsel ne wegnewing van den flocculus cerebelli. Akad. van Wetensch. Amsterdam **13** (1), 1904, 267.

237) Nagel, W. A., Über künstliche Atmung mit kontinuierlichem Luftstrom bei Vögeln. Zentralbl. f. Physiol. **14**, 1900, 553.

238) Nagel, W. A., Der Farbensinn des Hundes. Zentralbl. f. Physiol. **21**, 1907, 205.

239) Nawrocki, Beitrag zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmarke. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig. M.-ph. Kl. 1871, 585.

240) Negro, C., Les courants induits unipolaires dans l'étude de l'excitabilité électrique du cerveau. Arch. ital. de biol. **11**, 1889, 212.

241) Neisser, A., Untersuchungen über die elektrische Erregbarkeit der verschiedenen Schichten der Großhirnrinde. Dissertation, Berlin 1886.

242) Nicati, W., De la distribution des fibres nerveuses dans le chiasma des nerfs optiques. Arch. de physiol. 1878, 658.

243) Nicolai, G. F., Die physiologische Methodik zur Erforschung der Tierpsyche. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **10**, 1907.

244) Nicolai, G. F., Das Lernen der Tiere auf Grund von Versuchen an Hunden mit Pawlowscher Speichelfistel. Zentralbl. f. Physiol. **22**, 1908, 362.

245) Nothnagel, H., Experimentelle Untersuchungen über die Funktionen des Gehirns. I. Abt. Virchows Arch. **57**, 1873, 184.

246) Nothnagel, H., Experimentelle Untersuchungen über die Funktionen des Gehirns. II. Abt. Virchows Arch. **58**, 1873, 420.

247) Nothnagel, H., Experimentelle Untersuchungen über die Funktionen des Gehirns. III. Abt. Virchows Arch. **60**, 1874, 129.

248) Nothnagel, H., Experimentelle Untersuchungen über die Funktionen des Gehirns. IV. Abt. Virchows Arch. **62**, 1875, 201.

249) Nothnagel, H., Experimentelle Untersuchungen über die Funktionen des Gehirns. V. Abt. Virchows Arch. **68**, 1876, 33.

250) Oddi, R., et U. Rossi, Sur le cours des voies afférentes de la moelle épinière étudiées avec la méthode des dégénérescences. Arch. ital. de biol. **15**, 1891, 296.

251) Ossipow, V. P., Über die physiologische Bedeutung des Ammonshornes. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1900, Suppl., 1.

252) Pagano, G., Études sur la fonction du cervelet. Arch. ital. de biol. **38**, 1902, 299.

253) Pagano, G., Essai de localisations cérébelleuses. Arch. ital. de biol. **43**, 1905, 139.

254) Paneth, J., Über die Erregbarkeit der Hirnrinde neugeborener Hunde. Pflügers Arch. **37**, 1885, 202.

255) Paneth, J., Über Lage, Ausdehnung und Bedeutung der absoluten motorischen Felder auf der Hirnoberfläche des Hundes. Pflügers Arch. **37**, 1885, 523.

256) Paulesco, L'hypophyse du cerveau. Paris (Vigot) 1908. Zitiert nach Livon.

257) Pawlow, J., Sur la sécrétion psychique des glandes salivaires (phénomènes nerveux complexes dans le travail des glandes salivaires). Arch. internat. de physiol. **1**, 1904, 119.

258) Philippson, M., L'autonomie et la centralisation dans le système nerveux des animaux. Bruxelles 1905 (Falk fils).

259) Piper, H., Über den willkürlichen Muskeltetanus. Pflügers Arch. **119**, 1907, 301. (Vgl. neuere Arbeiten desselben Autors.)

260) Pi Suñer, A., Über eine physiologische Lokalisationsmethode in den nervösen Zentren. Zeitschr. f. biolog. Technik u. Methodik **1**, 1909, 394.

261) Polimanti, O., Contributi alla fisiologia ed all' anatomia dei lobi frontali. Roma 1906.

262) Polimanti, O., Beitrag zur Physiologie der Varolsbrücke (Pons Varolii) und der Vierhügel (Corpora bigemina). Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1908, 271.

263) Polimanti, O., Contribution à la physiologie du rhinencéphale. Journ. de Physiol. et de pathol. générale 1908, 634.

264) Porter, W. T., and W. Muhlberg, Experiments concerning the prolonged inhibition said to follow injury of the spinal cord. Americ. journ. of physiol. **4**, 1900, 334.

265) Prince, M., Section of the posterior spinal roots for the relief of pain in a case of neuritis of the brachial plexus; cessation of pain in the affected area etc. Brain **24**, 1901, 116.

266) Probst, M., Experimentelle Untersuchungen über das Zwischenhirn und dessen Verbindungen, besonders die sogenannte Rindenschleife. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkde. **13**, 1898, 314.

267) Probst, M., Zur Kenntnis des Faserverlaufes des Temporallappens, des Bulbus olfactorius, der vorderen Kommissur und des Fornix, nach entsprechenden Exstirpations- und Durchschneidungsversuchen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1901, 338.

268) Probst, M., Über die Leitungsbahnen des Großhirns mit besonderer Berücksichtigung der Anatomie und Physiologie des Sehhügels. Jahrb. f. Psych. u. Neurol. **20**, 1901, 181.

269) Probst, M., Über die anatomischen und physiologischen Folgen der Halbseitendurchschneidung des Mittelhirns. Jahrb. f. Psych. u. Neurol. **24**, 1903, 219.

270) Probst, M., Weitere Untersuchuugen über die Großhirnfasern und über Riudenreizversuche nach Ausschaltung verschiedener Leitungsbahnen. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. d. Wiss. M.-N. Kl. Abtl. 3. **114**, 1905, 173.

271) Prus, J., Untersuchungen über die elektrische Reizung der Vierhügel. Wiener klin. Wocheuschr. **12**, 1899, 1124.

272) Prus, J., Über die bei elektrischer Reizung des Corpus striatum und des Thalamus opticus auftretenden Erscheinungen. Wiener klin. Wochenschr. **12**, 1899, 1199.

273) Quincke, H., Zur Physiologie der Zerebrospinalflüssigkeit. Reichert u. du Bois-Reymonds Arch. 1872, 153.

274) Réthi, L., Die Nervenwurzeln der Racheu- und Gaumenmuskeln. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien. M.-N. Kl. Abt. 3. **101**, 1892, 381.

275) v. Reusz, F., Neues Verfahren bei Kleiuhirnoperationen an Tauben. (Original war mir unzugänglich.) Zit. nach Neurolog. Zentralbl. **22**, 1903, 265.

276) Rothmann, M., Über die sekundären Degenerationen nach Ausschaltung des Sakral- und Lendenmarkgrau durch Rückenmarksembolie beim Hunde. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1899, 120.

277) Rothmann, M., Über den Stensonschen Versuch. Arch. f. (Auat. u.) Physiol. 1900, 365.

278) Rothmann, M., Über die funktionelle Bedeutung der Pyramidenbahn. Berl. klin. Wochenschr. **38**, 1901, 574.

279) Rothmann, M., Über die spinalen Atmungsbahuen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1902, 12.

280) Rothmann, M., Über experimentelle Läsionen des Zentraluervensystems am anthropomorphen Affen (Schimpausen). Arch. f. Psych. **38**, 1904, 1020.

281) Rothmann, M., Über die Leitungsbahnen des Berührungsreflexes unter Berücksichtigung der Hautreflexe des Menschen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1904, 256.

282) Rothmann, M., Zur Funktion der hinteren Vierhügel. Neurolog. Zentralbl. 1907, 919.

283) Rothmann, M., Über die Ergebnisse der Hörprüfuug an dressierten Hunden. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1908, 103.

284) Rothmann, M., Demonstration eines Hundes mit einer Großhirnhemisphäre. Zentralbl. f. Physiol. **22**, 1908, 59.

285) Roy, C. S., and C. S. Sherrington, On the regulation of the blood supply of the brain. Journ. of physiol. **11**, 1890, 85.

286) Russel, J. S. R., Experimental researches into the functions of the cerebellum. Philos. Transact. Roy. Soc. **185. B.,** 1894, 819.

287) Russel, J. S. R., Phenomena resulting from interruption of afferent and efferent tracts of the cerebellum. Philos. Transact. Roy. Sòc. **188. B.,** 1897, 103.

288) Rynberk, G. van, Tentativi di localizzazioni funzionali nel cervelletto. I. Il lobo semplice. Arch. di fisiol. **1**, 1904, 569.

289) Rynberk, G. van, Tentativi di localizzazioni funzionali nel cervelletto. II. Il centro per gli arti anteriori. Arch. di fisiol. **2**, 1905, 18.

289a) Sachs, E., On the structure and functional relations of the optic thalamus. Brain 1909. Sep.-Abdr.

290) Schäfer, E. A., Experiments on the electrical excitation of the visuel area of the cerebral cortex in the monkey. Brain **11**, 1889, 1.

291) Schäfer, E. A., On the alleged sensory functions of the motor cortex cerebri. Journ. of physiol. **23**, 1898—99, 310.

292) Schäfer, E. A., Note on the results of circumsection of the motor cortex. Journ. of physiol. **26**, 1900—01, XXIII.

293) Schaternikoff, M. und H. Friedenthal, Über den Ursprung und den Verlauf der herzhemmenden Fasern. Arch. f. (Auat. u.) Physiol. 1902, 53.

294) Scheven, U., Über die Wiederkehr der elektrischen Erregbarkeit des Gehirns nach temporärer Anämie. Arch. f. Psychiatr. **38**, 1904, 926.

295) Scheven, U., Über den Einfluß der Anämie auf die Erregbarkeit der weißen Substanz des Zentralnervensystems. Arch. f. Psychiatr. **39**, 1905, 169.

296) Scheven, U., Zur Physiologie des Kniesehnenreflexes. Pflügers Arch. **117**, 1907, 108.

297) Schiff, M., Muskel- und Nervenphysiologie. Lahr, 1858—59, darin S. 232, 253.

298) Schiff, M., Recherches sur l'échauffement des nerfs et des centres nerveux à la suite des irritations sensorielles et sensitives. Arch. de physiol. norm. et pathol. **1870**, p. 5, 198, 323, 451.

299) Schiff, M., Die erregbare Zone des Gehirns. Pflügers Arch. **30**, 1883, 213. Ges. Abh. **3**, 514, 1896. (Darin Zusätze, welche auch die Technik betreffen).

300) Schiff, M., Über die Empfindlichkeit in den vorderen Nervenwurzeln. Ges. Abh. **3**, 1896, 159 (vgl. Tübinger Arch. f. physiol. Heilk. 1850).

301) Schiff, M., Der erste Hirnnerv ist der Geruchsnerv. Ges. Abh. **3**, 1896, 148 (vgl. Moleschotts Abh. 1859). (Vgl. dort die mir nicht zugänglichen Abh. v. Biffi und Prevost.)

302) Schrader, M. E. G., Zur Physiologie des Vogelhirns. Pflügers Arch. **44**, 1889, 175.

303) Schüller, A., Reizungsversuche am Nucleus caudatus des Hundes. Pflügers Arch. **91**, 1902, 477.

304) Schüller, A., Experimente am Nucleus caudatus des Hundes. Jahrb. f. Psychiatr. u. Neurol. **22**, 1902, 90.

305) Schüller, A., Experimentelle Pyramidendurchschneidung beim Hunde und Affen. Wiener klin. Wochenschr. **19**, 1906, 57.

306) Seck, H., Versuche, das Zentrum der reflektorischen Tränensekretion zu bestimmen. Eckhards Beitr. **11**, 1, 1885.

307) Sellier, J. et H. Verger, Recherches expérimentales sur la physiologie de la couche optique. Arch. de physiol. 1898, 706.

308) Sherrington, C. S., Note on the Knee-jerk and the correlation of action of antagonistic muscles. Proc. Roy. Soc. **52**, 1892, 556.

309) Sherrington, C. S., Experiments in examination of the peripheral distribution of the fibres of the posterior roots of some spinal nerves. Philos. Transact. Roy. Soc. **184. B.**, 1892, 641.

310) Sherrington, C. S., Notes on the arrangement of some motor fibres in the lumbo-sacral plexus. Journ. of physiol. **13**, 1892, 621.

311) Sherrington, C. S., Experiments in examination of the peripheral distribution of the fibres of the posterior roots of some spinal nerves. Part. II. Philos. Transact. Roy. Soc. **190. B.**, 1898, 45.

312) Sherrington, C. S., The spinal roots and dissociative anaesthesia in the monkey. Journ. of physiol. **27**, 1901, 360.

313) Sherrington, C. S., Qualitative difference of spinal reflex corresponding with qualitativ difference of cutaneous stimulus. Journ. of physiol. **30**, 1904, 39.

314) Sherrington, C. S., A mammalian spinal preparation. Journ. of physiol. **38**, 1909, 374.

315) Sherrington, C. S. und E. E. Laslett, Observations on some spinal reflexes and the interconnection of spinal segments. Journ. of physiol. **29**, 1903, 58.

316) Simpson, S., The pyramidal tract in the cat, dog and monkey. Proc. Scottish microscop. Soc. **3**, 158.

317) Simpson, S., Secondary degeneration following unilateral lesions of the cerebral motor cortex. Intern. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. **19**, 1902.

318) Simpson, S. and J. J. Galbraith, Observations on the normal temperature of the monkey and its diurnal variation, and on the effect of changes in daily routine on this variation. Trans. Roy. Soc. Edinburgh. **45**, 1906, 65.

319) Simpson, S. and J. J. Galbraith, An investigation into the diurnal variation of the body temperature of nocturnal and other birds and a few mammals. Journ. of physiol. **33**, 1906, 225.

320) Singer, J., Über sekundäre Degeneration im Rückenmark des Hundes. Sitz.-Berichte d. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl. Abt. 3. **84,** 1881, 390.

321) Singer, J., Zur Kenntnis der motorischen Funktionen des Lendenmarkes der Taube. Sitz.-Berichte d. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl. Abt. 3. **89,** 1884, 167.

322) Singer, Über eine Methode, experimentelle Embolien am Zentralnervensystem zu erzeugen. Vorl. Mitt. Prager med. Wochenschr. 1895.

323) Singer, J. und E. Münzer, Beiträge zur Anatomie des Zentralnervensystems, insbesondere des Rückenmarkes. Denkschr. d. Akad. Wiss. Wien **57,** 1890.

324) Sirotinin, W., Die punktförmig begrenzte Reizung des Froschrückenmarkes. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1887, 154.

325) Spallitta, F., Effets de l'exstirpation du ganglion de Gasser après l'arrachement du ganglion cervical supérieur. Arch. ital. biol. **22,** 1895, LIX.

326) Spencer, W. G., The effect produced upon respiration by faradic excitation of the cerebrum in the monkey, dog, cat, and rabbit. Ph. Trans. Roy. Soc. **185. B.,** 1894, 609.

327) Spencer, W. and V. Horsley, On the changes produced in the circulation and respiration by increase of the intra-cranial pressure or tension. Philos. Transact. Roy. Soc. London. **182. B.,** 1891, 201.

328) Spielmeyer, W., Die Fehlerquellen der Marchischen Methode. Zentralbl. f. Nervenheilk. u. Psychiatr. 1903, 457.

329) Spielmeyer, W., Veränderungen des Nervensystems nach Stovainanästhesie. Münchener med. Wochenschr. 1908. No. 31.

330) Spielmeyer, W., Die Untersuchung des Nervensystems; in Gierke-Kahldens Technik der histolog. Untersuchung patholog.-anatom. Präparate, Jena 1909, S. 188.

331) Spina, A., Über eine Methode, an gehirn- und rückenmarklosen Säugetieren zu experimentieren. Pflügers Arch. **76,** 1899, 219.

332) Spina, A., Über den Einfluß des hohen Blutdruckes auf die Neubildung der Zerebrospinalflüssigkeit. Pflügers Arch. **80,** 1900, 370.

333) Starlinger, J., Die Durchschneidung beider Pyramiden beim Hunde. Jahrb. f. Psychiatr. u. Neurol. **15,** 1897, 1.

334) Starlinger, J., Zur Marchi-Behandlung. Ein Apparat zur Zerlegung in dünne, vollkommen planparallele Scheiben. Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. **16,** 1899, 179.

335) Stefani, A., De l'action de la température sur les centres bulbaires du coeur et des vaisseaux. Arch. ital. de Biol. **24,** 1895, 424.

336) Steffahny, E., Zur Untersuchungsmethode über die Topographie der motorischen Innervationswege im Rückenmark der Säugetiere, mit besonderer Rücksicht auf das Halsmark des Kaninchens. Eckhards Beitr. **12,** 41, 1888.

337) Stewart, G. N., C. C. Guthrie, R. L. Burns and F. H. Pike, The resuscitation of the central nervous system of mammals. Journ. of exper. Medic. **8,** 1906, 289.

338) Stewart, G. N., and F. H. Pike, Resuscitation of the respiratory and other bulbar nervous mechanisms, with special reference to the question of their automaticity. Americ. Journ. of physiol. **19,** 1907, 328.

339) Sterzi, G., Die Blutgefäße des Rückenmarks. Untersuchungen über ihre vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Anat. Hefte. **24,** (Heft 74). 1904.

340) Stricker, S., Untersuchungen über die Gefäßnervenwurzeln des Ischiadicus. Sitz.-Berichte d. Wiener Akad. **74,** (3) 1876, 173.

341) Talbert, G. A., Über Rindenreizung am freilaufenden Hunde nach J. R. Ewald. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1900, 195.

342) Tarchanoff, J. de, Mouvements forcés des canards décapités. Compt. rend. Soc. biol. 1895, 454. Zitiert nach Hermanns Jahresberichten und Steiner Die Funktionen des Zentralnervensystems und ihre Phylogenese, **4,** 1900, 31.

343) Tengwall, E., Reflexe durch sensible Muskelnerven. Skandin. Arch. f. Physiol. **6,** 1895, 225.

344) Thiele, F. H., On the efferent relationship of the optic thalamus etc. — genesis of the decerebrate rigidity etc. Journ. of Physiol. **32,** 1905, 358.

345) Tomasini, S., L'excitabilité de la zone motrice après la résection des racines spinales postérieures. Arch. ital. de biol. **23,** 1895, 36.

346) Trendelenburg, W., Über die Bewegung der Vögel nach Durchschneidung hinterer Rückenmarkswurzeln. Ein Beitrag zur Physiologie des Zentralnervensystems der Vögel (nach Untersuchungen an Columba domestica). Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1906, 1.

347) Trendelenburg, W., Weitere Untersuchungen über die Bewegung der Vögel nach Durchschneidung hinterer Rückenmarkswurzeln. I. Die anatomischen Grundlagen der Untersuchungen. II. Beobachtungen über Reflexe und Tonus an den hinteren Extremitäten. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1906. Suppl. 231.

348) Trendelenburg, W., Studien zur Operationstechnik am Zentralnervensystem. I. Das Myelotom, ein Apparat zur Ausführung genau begrenzter Durchschneidungen. II. Medianspaltung des Kleinhirns am Kaninchen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1907, 83.

349) Trendelenburg, W., Die Folgen der Längsdurchschneidung des Kleinhirns am Hunde. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1908, 120.

350) Trendelenburg, W. und O. Bumke, Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Bach-Meyerschen Pupillenzentren in der Medulla oblongata. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. **4,** 1907, 353.

351) Trendelenburg, W. und O. Bumke, Experimentelle Untersuchungen über die zentralen Wege der Pupillenfasern des Sympathikus. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. **7,** 1909, 481.

352) Trzecieski, A. v., Zur Lehre von den Sehnenreflexen. Koordination der Bewegungen und zwiefache Muskelinnervation. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1905, 306.

353) Tschermak, A., Über den zentralen Verlauf der aufsteigenden Hinterstrangbahnen und deren Beziehungen zu den Bahnen im Vorderseitenstrang. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1898, 346.

354) Tschermak, A., Über die Folgen der Durchschneidung des Trapezkörpers bei der Katze. Neurolog. Zentralbl. 1899, Nr. 15 u. 16.

355) Turner, W. A., The results of experimental destruction of the tubercle of Rolando. Brain, **18,** 1895, 231.

356) Vassale, G. and E. Sacchi, Sur la destruction de la glande pituitaire. Arch. ital. de biol. **18,** 1893, 385.

357) Veraguth, O., Das psychogalvanische Reflexphänomen. Berlin (Karger) 1909. Darin besonders S. 5 ff; S. 6, 9 u. 150.

358) Verger et Sellier, Application de l'électrolyse bipolaire a l'expérimentation sur les centres nerveux. Soc. d'anat. et de physiol. de Bordeaux 28 fevrier. 1898.

359) Vitzou, A. N., Sur les effets de l'ablation totale en un temps d'un hémisphère cérébrale chez le chien. Arch. de physiol. 1893, 265.

360) Vogt, C. und O., Zur Kenntnis der elektrisch erregbaren Hirnrindengebiete bei den Säugetieren. Journ. f. Psychol. u. Neurol. **8,** 1907, 277.

361) Weber, E., Ein Nachweis von intrakraniell verlaufenden, gefäßerweiternden und -verengernden Nerven für das Gehirn. Zentralbl. f. Physiol. **21,** 1907, 237.

362) Weber, E., Über die Selbständigkeit des Gehirns in der Regulierung seiner Blutversorgung. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1908, 457.

363) Wertheimer, E., und L. Lepage, Sur les fonctions des pyramides bulbaires. Arch. de physiol. 1896, 614.

364) White, W. H., The effect upon the bodily temperature of lesions of the corpus striatum and optic thalamus. Journ. of physiol. **11,** 1890, 1.

365) Wood und Carter, A research upon anaesthesia. Journ. of exper. medic. **2,** 1897, 131. Zitiert nach Asher und Arnold.

366) Woroschiloff, Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchens. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig, math.-ph. Kl. 1874, 248.

367) Yoshimura, Über die Beziehungen des Balkens zum Sehakt. Pflügers Arch. **129,** 1909, 425.

368) Ziegler, P., Über die Mechanik des normalen und pathologischen Hirndrucks. Arch. f. klin. Chirurgie **53,** 1896, 75.

369) Ziehen, Th., Zur Physiologie der infrakortikalen Ganglien und über ihre Beziehungen zum epileptischen Anfall. Arch. f. Psych. **21,** 1890, 863.

II.

Das zentrale Nervensystem der kaltblütigen Tiere

von

J. Steiner in Köln.

Mit 39 Figuren.

Zu den kaltblütigen oder poikilothermen Tieren rechnet man die Fische, die Amphibien und die Reptilien, deren Gehirn in seiner allgemeinsten Form

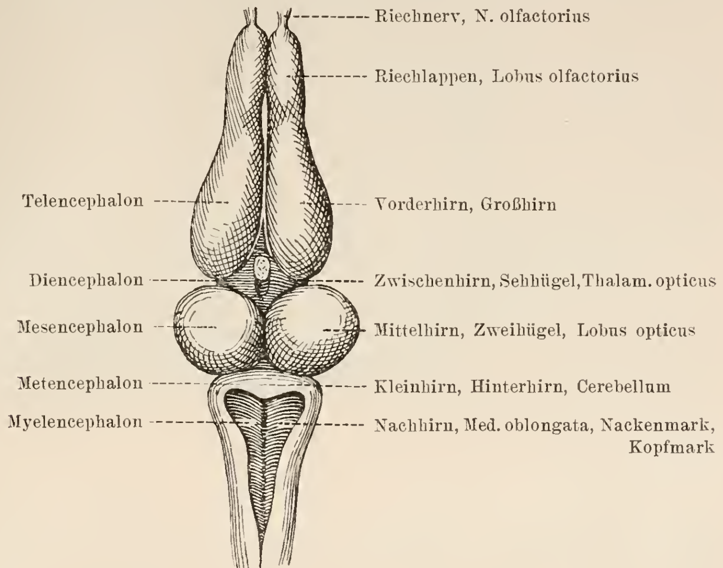


Fig. 1.

in Figur 1 (ein sechsfach vergrößertes Gehirn eines Grasfrosches, etwas schematisch) zum Ausdruck gebracht werden möge, zugleich mit der vielfach gebrauchten und wechselnden Nomenklatur.

I. Die Fische.

Von diesen Gruppen verursachen die Fische dem Experimente besondere Schwierigkeiten, weil sie einerseits dauernd nur im Wasser leben, andererseits aber für das vivisektorische Experiment außerhalb des Wassers in freier Luft gehalten werden müssen.

Diese Schwierigkeit überwindet man durch künstliche Atmung, welche generell so einzurichten ist, daß dem von einem Assistenten gehaltenen Fische aus irgend einem Wasservorrat vermittels eines in seinen Dimensionen passenden Gummischlauches Wasser in das Maul zugeleitet wird, welches durch die Kiemen wieder abfließt.

Es sind demnach für die künstliche Atmung eines Fisches nötig:

1. ein Wasservorrat,
2. ein Gummischlauch,
3. ein geeigneter Tisch mit einer Abflußvorrichtung.

Als Wasserquelle dient am einfachsten die Wasserleitung, deren Stärke man durch die Stellung des Hahnes reguliert. Wenn eine solche nicht vorhanden ist, stellt man ein genügend großes Wassergefäß etwa $^1/_2$ m hoch über dem Operationstische auf und bezieht aus demselben das Wasser durch Heberwirkung, indem man das eine Ende des Gummischlauches dort eintaucht, den Schlauch am Rande des Gefäßes durch eine Fadenschlinge befestigt, das andere Ende ansaugt, darauf dem Fische in das geöffnete Maul einschiebt und denselben leicht festhält.

Der Gummischlauch muß bei entsprechender Länge die nötige Wanddicke haben, damit er nicht bei jeder Bewegung einknickt und den Strom gewissermaßen automatisch unterbricht. Zugleich ist es zweckmäßig, ihn mit einer beliebigen Klemmschraube zu versehen, die in seinem Verlaufe irgendwo angebracht ist, damit man den Wasserzufluß beliebig regulieren und eventuell unterbrechen kann.

Als Operationstisch dient im allgemeinen jeder beliebige Tisch, welcher die Bedingung erfüllt, daß man auf demselben operieren kann und welcher dem aus den Kiemen ablaufenden Wasser einen bequemen Abfluß gestattet.

In der zoologischen Station in Neapel hatten wir für diesen Zweck einen kleinen vierbeinigen Tisch von 76 cm Höhe, dessen Platte 85 cm lang und 45 cm breit war. Dieselbe ist paraffiniert, ringsum von einer etwa fingerhohen Holzkante eingefaßt und besitzt in der Mitte der einen Querseite ein kurzes, metallenes Abflußrohr, das durch einen Gummischlauch das Wasser an einen beliebigen Ort (untergestelltes Becken) abführt, was wesentlich dadurch gefördert wird, daß man die Gegenseite des Tisches durch Unterlagen etwas erhöht.

Man legt nunmehr auf den vorderen (erhöhten) Teil des Tisches ein mehrfach gefaltetes Handtuch, so groß, daß der Fisch bequem darauf Platz hat. Derselbe wird von einem Assistenten, der zur linken Seite des Fisches steht, mit einem kleinen Leinentuch über den Rücken weg mit der rechten Hand gehalten, während er den zuführenden Wasserschlauch mit der linken Hand in das Maul des Fisches hineinschiebt und dort hält. Der Fisch, welcher eben noch lebhaft zappelte, verfällt mit dem Eintritt des Wassers sofort in völlige Ruhe, in welcher er auf diese Weise beliebig lange erhalten werden kann. Der Wasserzufluß wird so geregelt, daß aus den Kiemen eben Wasser ausfließt. Man vermeide jede Überschwemmung auf dem Tische, lasse sich aber immerhin in letzter Instanz von der Ruhe des Fisches leiten, denn Unruhe bedeutet Wassermangel. (Ist man irgendwo an unwirtbarer Küste zur Arbeit gezwungen, so kann man mit sich führen ein flaches Tabulett mit Kante von Zinkblech, etwa $^1/_2$ m lang und 30 cm breit, in dessen eine kurze

Seite ein Loch gebohrt wird. Man legt die Platte auf einen beliebigen Tisch, so daß das gelochte Ende die Tischplatte überragt. Das Wasser fließt ganz gut in ein untenstehendes Gefäß ab, wenn man die Gegenseite des Tisches ein wenig erhöht hat.)

Die Fische, welche der Beobachtung dienen sollen, mögen sie unversehrt oder operiert sein, sind entweder in freien Teichen oder in großen Bassins mit Glaswänden unterzubringen, welche ihre dauernde Beobachtung gestatten. Die Belüftung des Wassers geschieht in vielen großen Glasaquarien durch einfache Lufteinblasung, was für unversehrte Tiere gewiß ausreicht, aber nicht mehr für operierte Tiere, wie mich Versuche gelehrt haben. Diesen muß man, um ihre Maximalleistung zu erzielen, einen gleichmäßigen Wasserzufluß schaffen, der im Großbetrieb irgendwie maschinell zu gestalten sein

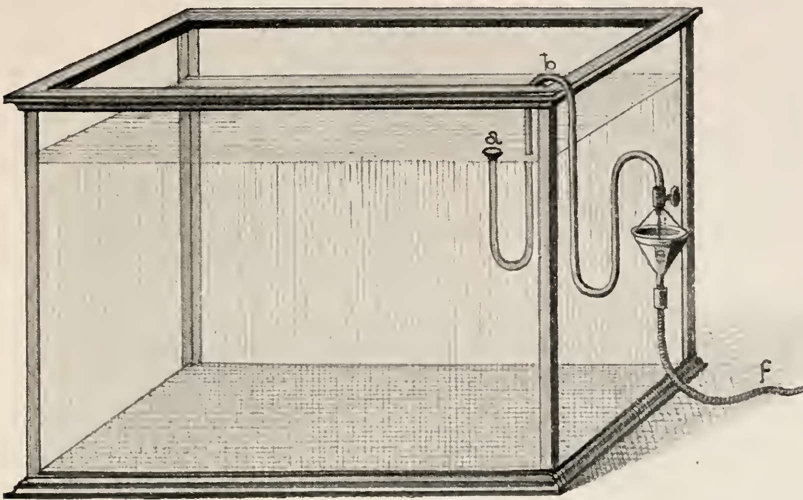


Fig. 2.

wird. Für Laboratoriumszwecke dienen kleinere Glasbassins, welche von der Wasserleitung her oder einer anderen Wasserquelle zu speisen sind, was keine Schwierigkeit hat, während der Wasserabfluß durch ein besonderes, sozusagen unendliches Heberrohr besorgt wird, das stets in Funktion bleibt, wie sich auch der Wasserzufluß gestalten möge, während ein einfaches Heberrohr nicht mehr funktioniert, wenn es einmal ausgeflossen ist, wie das bereits vorkommt, wenn die Wasserquelle unregelmäßig arbeitet (siehe Figur 2, Bassin mit unendlichem Heber).

A. Knochenfische.

Zu Versuchen am Gehirn der Knochenfische eignen sich am besten Squalius cephalus (Döbel oder Mönne genannt), ein in unseren Gewässern häufiger Cyprinoide und der Karpfen selbst, Cyprinus carpio, sowie Barbus, Perca fluviatilis (aber auch Lachs, Forelle, Hecht u. a.), die man nicht über

20 bis 25 cm lang nimmt (Perca noch kleiner), eingedenk der Tatsache, daß das Gehirn nicht proportional der Länge des Tieres zunimmt, sondern hinter derselben wesentlich zurückbleibt. Daraus entwickelt sich das Mißverhältnis, daß man in einer großen Hirnschale ein kleines Gehirn vorfindet, welches sehr tief liegt und durch diese seine Lage der vivisektorischen Bearbeitung unnötige Schwierigkeiten bereitet.

Wählt man Fische in der oben angegebenen Länge, so besteht das Mißverhältnis nicht: das Gehirn, das die Schädelkapsel noch ganz ausfüllt, liegt unmittelbar unter der Schädeldecke und ist der Bearbeitung bequem zugänglich. Groß genug ist das Gehirn dieser Fische an sich durchaus, denn es übertrifft stets noch an Größe das Gehirn unserer größten Frösche.

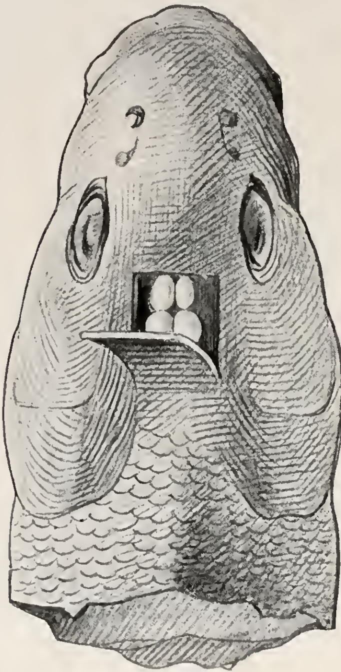


Fig. 3.

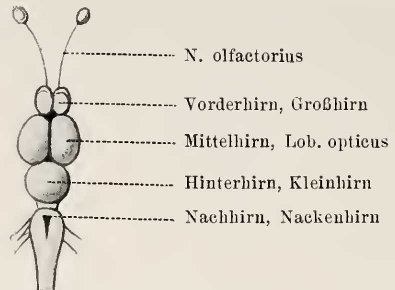


Fig. 4.

Bei der Eröffnung der Schädelhöhle kommt alles darauf an, einen passenden Knochenlappen so abzuheben, daß er proximal mit dem Schädel in Verbindung bleibt und nach getaner Arbeit wieder an seine alte Stelle zurückgelegt werden kann, um die Schädelhöhle von der Umgebung bzw. dem Wasser vollständig abzuschließen.

Hierbei verfährt man folgendermaßen: Ein wenig vor der queren Verbindungslinie der beiden hinteren Augenwinkel und in der Nähe des rechten Augenwinkels, wenn der Experimentator rechts vom Fisch steht (s. Figur 3, Squal. ceph., natürliche Größe), beginnt der mit einer passenden Knochenzange (siehe Figur 5, natürliche Größe) anzusetzende Schnitt, den man quer nach der anderen Augenseite, immer die Zange wie eine Schere benutzend, fortsetzt, je nach der Größe des Fisches in Länge von 1—2 cm. Dort angekommen, biegt man im rechten Winkel nach hinten um; im allgemeinen bis dahin, wo die Schädeldecke von Muskelfleisch bedeckt ist. Hat man den gleichen Längsschnitt auf der anderen Seite von dem rechten Augenwinkel her vollendet, so kann man den angelegten Knochenlappen etwas kräftig nach hinten aufklappen und hat so die Schädelhöhle freigelegt.

Was man zunächst sieht, ist aber kein Gehirn, sondern glänzendes, gelbes Fett, welches das Gehirn bedeckt. Man entfernt dasselbe durch Austupfen mit ganz kleinen, weichen, in physiologischer Kochsalzlösung getauchten Schwämmchen. Endlich erscheint, hellweiß schimmernd, das Gehirn, an dem man sofort Vorder-, Mittel- und Hinterhirn unterscheiden kann (siehe Figur 4, natürliche Größe). Ist man nicht sogleich klar über die Be-

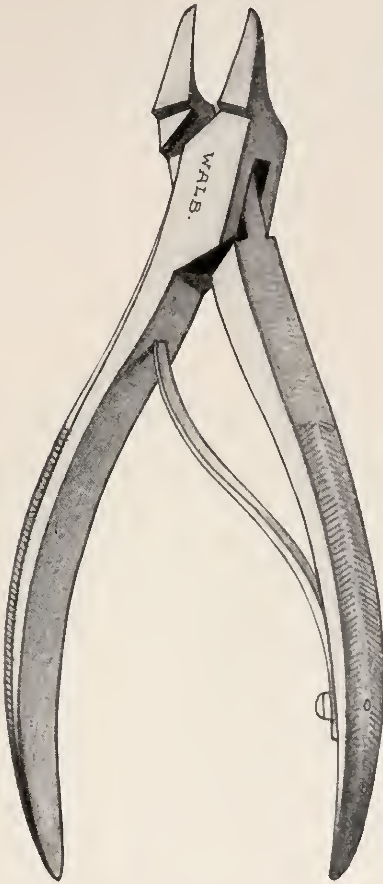


Fig. 5.

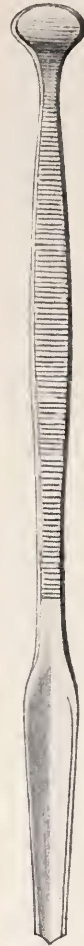


Fig. 6.

deutung der Hirnteile, so orientiert man sich ganz leicht durch das Kleinhirn, welches deutlich unpaar ist und genau in der Mittellinie liegt, im Gegensatze zu den übrigen Hirnteilen, welche symmetrisch zu beiden Seiten der Mittellinie angelegt sind. Wie die Figur 4 zeigt, liegt dann vor dem Kleinhirn das Mittelhirn, davor das Vorderhirn mit den ganz kleinen Riechlappen und den davon ausgehenden Riechnerven, welche man bei dieser Anlage des Lappens nur in ihrem proximalen Teile zu sehen bekommt.

Hat man die Operation am Gehirn beendet, welche stets mit einem ganz geringfügigen Blutverluste, selbst fast ohne einen solchen abläuft, so klappt man den Knochenlappen nach vorn herunter, bringt ihn in seine frühere Lage, hilft eventuell hinten, wo man auf Widerstand stößt, durch Unterschneiden etwas nach und legt schließlich ganz vorsichtig zur Sicherung eine Naht durch die etwas feine Haut an (ein Faden genügt!).


Fig. 7.

Ist die Ausführung in der angegebenen Weise geglückt, so ist der Abschluß der Schädelhöhle gegen das Wasser ein völlig ausreichender und man kann den Fisch sofort (mit der natürlich gegebenen Vorsicht) behutsam in das Wasser bringen. Ist die Anlegung des Lappens weniger gelungen, namentlich durch Sprünge in demselben oder durch Absprengung der Kanten, und erscheint der Abschluß gegen das Wasser nicht für ausreichend, so kann man einen solchen sehr vollständig erzielen, wenn man auf die Schädeldecke nach Abtrocknung mit feinem Fließpapier eine Schicht warmer Gelatine auftropft und diese mit konzentrierter Tanninlösung bepinselt. Diese Gelatinekappe hält in der Regel für zwei Tage, innerhalb welcher Zeit die Schnittkanäle sich mit organischem Material so gefüllt haben, daß die Schädelhöhle ganz abgeschlossen ist.

Im einzelnen werden die Abtragungen wie folgt ausgeführt:

1. Die Nn. olfactorii, welche man aus dem Vorderhirn nach vorn eben austreten sieht, lassen sich leicht mit beliebigem kleinen Scherchen einzeln durchschneiden.

2. Die Abtragung des Vorderhirns kann, da auf der Grenze von Vorder- und Mittelhirn gerade die Nn. optici austreten (s. Fig. 9), nicht durch einfachen bis auf die Basis reichenden Schnitt gemacht werden, sondern mit dem in Figur 6 abgebildeten, zugeschärften Meißel, welcher, hinter dem Vorderhirn eingesenkt, bevor er die Basis erreicht hat, mit der Spitze nach vorn erhoben wird, wobei er das losgelöste Vorderhirn vor sich her schiebt.


Fig. 8.

Diese Abtragung ist von keinerlei Bewegung des Tieres begleitet. Tritt irgendeine Zuckung auf, so ist wahrscheinlich ein rückwärts gelegener Hirnteil mit verletzt und ein reines Resultat gefährdet. Trotzdem ist solcher Versuch öfter noch brauchbar; wahrscheinlich handelt es sich in manchen Fällen nur um eine vorübergehende Reizung, die sich wieder ausgleicht.

3. Die Abtragung des ganzen Mittelhirns geschieht mit dem in Figur 7 abgebildeten Lanzenmesser, dessen Seiten stumpf sind. Man hat hierbei zu beachten, daß die Atemnerven (N. trigeminus), welche, ganz vorn aus dem Nachhirn (Med. oblongata) austretend, an der Außenseite des Mittelhirns vorbei an der inneren Schädelwand nach vorn in die Kiemen ziehen, nicht verletzt werden. Das ist mit jenem Messerchen, das man einfach senkrecht auf der Grenze vom Mittel- und Nachhirn einsenkt, jedesmal vermieden, weil man nur das Nachhirn quer durchtrennt, ohne daß das Messer die innere Schädelwand und damit

die Atemnerven erreicht. (Das Lanzenmesser ist nach einem Gipsabguß des Fischkopfes angefertigt.)

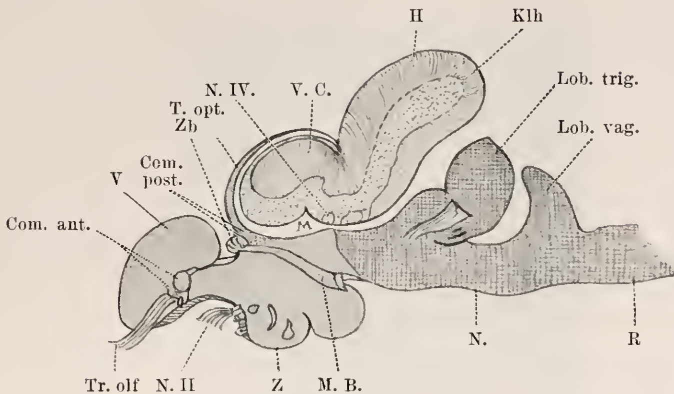


Fig. 9.

Sagittalschnitt durch das Gehirn von Barbus.
V. Vorderhirn, N. II. Nerv. opticus, T. opt. Tectum opticum, M. Mittelhirnbasis, V. C. Valvula cerebelli, Klh. Kleinhirn, Zb. Zirbel.

4. Will man die Decke des Mittelhirns isoliert abtragen (dieselbe dient als Tectum opticum besonderer Funktion), so geschieht das mit der nebenstehenden Bajonettschere (Figur 8, natürliche Größe), welche gerade die oberste Lage, d. h. die Decke abträgt. Durch diese Abtragung wird die Höhle des Mittelhirns eröffnet, welche man also jedesmal zu sehen bekommt.

Die Abtragung darf von Bewegungen des Tieres nicht begleitet sein. Treten solche auf, so ist die Abtragung der Decke nicht oberflächlich genug geschehen.

5. Die Abtragung des Kleinhirns umfaßt nicht nur den sichtbaren asymmetrischen Teil, der gewöhnlich als Kleinhirn benannt wird, sondern auch noch die Wurzeln dieses Kleinhirns, welche in dem Mittelhirn stecken.

Eröffnet man das Mittelhirn, so sieht man auf dem Grunde desselben zwei zum Mittelhirn konzentrische Höckerchen, welche, wie man sich durch Streichen mit ganz feinem Schwämmchen überzeugen kann, nach vorn frei flottieren und mit der Pars posterior cerebelli direkt in Verbindung stehen als Pars anterior cerebelli (auch Valvula cerebelli genannt). Das Nähere sieht man aus der nebenstehenden Figur 9.

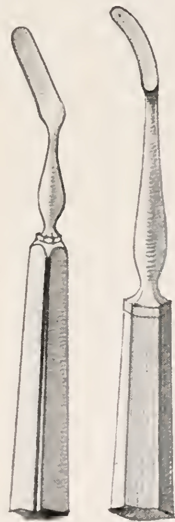


Fig. 10. Fig. 11.

Man kann nun erst die Pars posterior abtragen, indem man von hinten her unter diesen Teil das in Figur 10 (natürliche Größe) abgebildete Schaufelchen unterschiebt und dann von oben her mit dem Meißel auf der hinteren Grenze vom Mittelhirn einschneidet, bis man auf das unterliegende Schaufelchen trifft. Die Pars posterior fällt dann einfach ab. Hierauf eröffnet man das Mittelhirn, erhebt die Pars

anterior cerebelli bzw. die beiden Tuberkel durch Streichen von vorn nach hinten und trägt sie mit einer flachen Schere ab. Es bleibt nur noch das

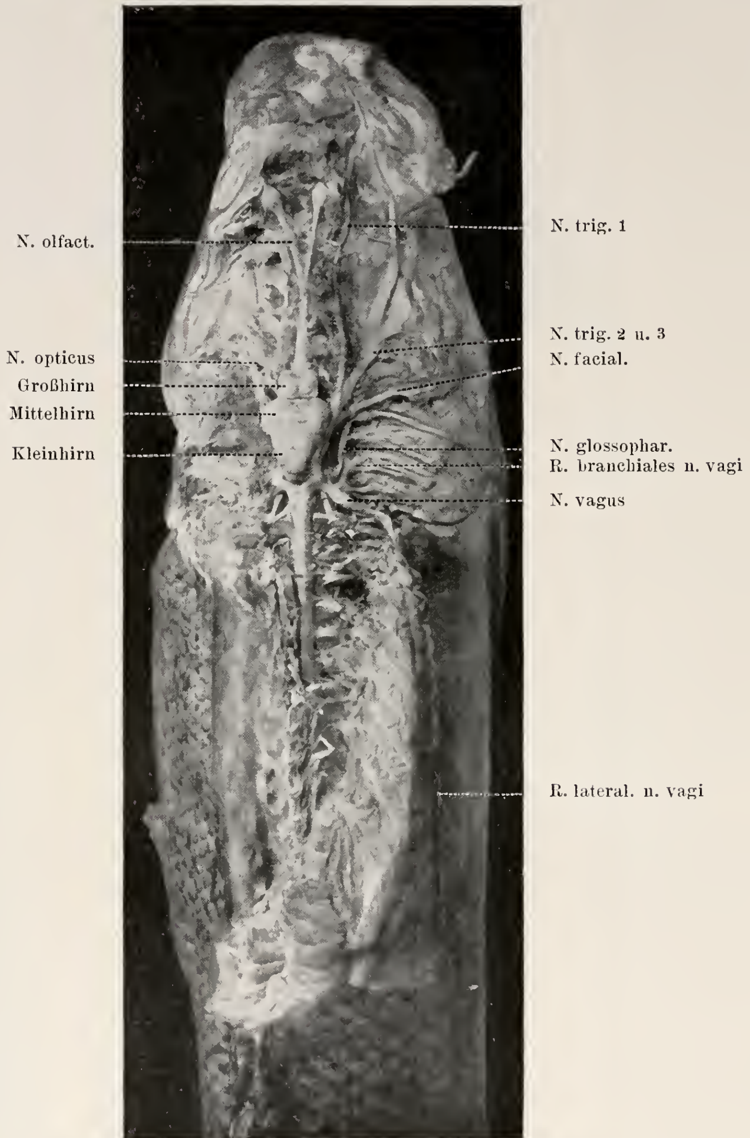


Fig. 12.

Gewölbe bzw. der Teil des Kleinhirns, welcher unter dem hinteren Teile der Decke des Mittelhirns liegt und mit letzterem verwachsen ist, auf der Unterlage aber ohne Anheftung frei liegt. Man geht von der Mittelhirn-

höhle mit dem gekrümmten Messerchen (Figur 11, natürliche Größe) ein, schiebt es unter das Gewölbe und schneidet rechts und links nach oben durch: so fällt das Gewölbe heraus.

Man kann die Operation auch einzeitig und zwar so machen, daß man nach Eröffnung des Mittelhirns die Pars anterior cerebelli aufhebt, mit dem gekrümmten Messerchen direkt unter das Gewölbe geht und dasselbe beiderseits durchschneidet: dann muß das ganze Kleinhirn in einem Stück herausfallen.

Ob man in dieser oder jener Weise zu Werke geht, wird namentlich von der Geschicklichkeit des Experimentators abhängen; jedenfalls ist der zweite Weg kürzer.

Welchen Weg man aber wählen mag, so darf für keinen Fall die Durchschneidung von Muskelbewegungen begleitet sein, denn damit ist der Erfolg bzw. die Richtigkeit der Operation stets in Frage gestellt.

6. Wenn man zur Abtrennung des Nackenmarkes vom übrigen Gehirn das Kleinhirn erhebt oder abträgt, so trifft man bei den Fischen nicht auf die vertiefte Rautengrube, wie bei den nächst höheren Vertebraten, sondern auf starke Erhebungen oder Brücken, welche die Rautengrube überspannen. Es sind das Markmassebildungen, welche den Nervenkernen entsprechen, die dem Trigeminus und Vagus (Lob. trigemini und Lob. vagi) angehören. Man hat dabei zu beachten, daß das Atmungszentrum im Trigeminuskern enthalten ist und man daher die Abtrennung des Nackenmarkes hinter diesem Gebilde ausführen muß, um die Atembewegungen ungestört zu erhalten. (Vgl. Fig. 9.)

Beim Squalius cephalus ist das ganze Gebilde durch ein Bändchen dargestellt, welches die Rautengrube überquert. Man kann durch einseitige, doppelseitige und mediane Durschneidung dieser Brücke mit Hilfe des Sichelmessers sehr deutlich den Einfluß dieses Hirnteils auf die Atembewegungen darstellen.

Zur allgemeinen und weiteren Orientierung, namentlich auch unter Hinblick auf einige Hirnnerven und den Seitennerven diene die Figur 12: das Gehirn, der vordere Teil des Rückenmarks mit den Hirnnerven in situ eines größeren Exemplares von Barbus fluviatilis.

Der Seitennerv (Ast des N. vagus), deutlich sichtbar in der Seitenlinie auf der Oberfläche des Rumpfes, zu beiden Seiten symmetrisch, ist ganz leicht da zu treffen, wo er aus der Tiefe in die Haut übergeht. Die Durchschneidung wird nach Entfernung einiger Schuppen mit der Schere gemacht. Die so entstehende Wunde kann man durch warme Gelatine schließen. Die Seitenorgane am Kopfe macht man durch Kauterisierung funktionsunfähig.

Der Aal, welcher wegen seiner Lebenszähigkeit zu mancherlei ergänzenden Versuchen sehr brauchbar ist, bietet für die Technik einige Eigentümlichkeiten, die hier anzuschließen sind.

Das Gehirn ist im Vergleich zur Körperlänge recht klein, aber immer noch groß genug. Künstliche Atmung ist wegen der Unmöglichkeit, den Aal ruhig zu halten, nicht ausführbar, aber auch nicht nötig, weil der Aal bekanntlich einige Zeit (jedenfalls stundenlang) außerhalb des Wassers zu leben vermag. Man kann ihn deshalb einfach festhalten. Aber um das fertig zu bringen, muß man ihn vorher in Mehl- oder Sägespänen wälzen und dann mit einem Handtuch fassen.

Die Anlage eines Knochenlappens ist nicht nötig, da der Aal eine sehr feste Haut hat, die man über der Schädelwunde nur festzunähen braucht, um die Schädelhöhle gegen das Wasser abzuschließen.

Funktionsprüfung der operierten Knochenfische.

Allgemein sei bemerkt, daß alle operierten Tiere stets möglichst lange (Wochen und Monate) am Leben zu erhalten und stets von neuem auf ihre Leistungen zu prüfen sind.

Bei den so operierten Fischen wird man zu prüfen haben

1. ob und in welcher Weise die normale Schwimmbewegung erhalten oder gestört ist. Hierbei sei auf die mehrfachen Formen von normalen Haltungen hingewiesen, nämlich a) die rasche Fortbewegung, welche durch Pendelbewegungen des Schwanzes erzeugt wird, während die Flossen, besonders die Brustflossen flach an den Leib gelegt werden, b) das freie Schweben im Wasser, wobei die Flossen und besonders die Brustflossen senkrecht vom Rumpf abstehen und in fortwährender Bewegung begriffen sind, c) eine Zwischenform bei langsamer Fortbewegung mit eingeschobener Schwebe, wobei der Schwanz seltenere Pendelbewegungen macht, während die Flossen sich intermittierend entfalten, d) die Rückwärtsbewegung, welche wesentlich durch die Brustflossen erfolgt, e) das ruhige Stehen auf dem Grunde, was unabhängig von den Flossen wohl unter dem Einfluß des Muskelgefühles steht, wobei der Schwanz die notwendigen korrigierenden Bewegungen ausführt.

2. Die Nahrungsaufnahme, d. h. ob eine solche willkürlich stattfindet. Zu diesem Zweck wirft man in das Wasser einzelne Regenwürmer, Mehlwürmer, Schaben (Periplaneta orientalis), Würfel von getrocknetem Eiereiweiß, oder auch Brotstückchen auf die Oberfläche des Wassers; endlich auch einen glatten Bindfaden von etwa gleichen Dimensionen mit denen eines Regenwurms.

3. An der Hand der Nahrungsaufnahme kann man auch den Farbensinn prüfen, indem man auf die Oberfläche des Wassers verschiedenfarbige Oblaten bringt, wie man sie früher zu Briefverschlüssen verwendet hat, und beobachtet, ob und welche von diesen farbigen Objekten bevorzugt werden. Nach einer andern Methode wird in das Wasser ein zweckmäßiges Spektrum geworfen, dessen verschiedene Helligkeit zu korrigieren ist. Man beobachtet, welches der Spektrallichter zum Aufenthalt bevorzugt wird (vgl. C. Heß, Untersuchung über den Lichtsinn der Fische. Archiv für Augenheilkunde 1909. Ergänzungsheft).

4. Die Willkürlichkeit der Fortbewegung im allgemeinen. Diese Prüfung ist direkt nicht ausführbar, weil das Wasser an sich eine Anregung zur Bewegung gibt, aber wenn man zwei gleich oder auch verschieden operierte Fische in den Behälter bringt, so kann man beobachten, ob diese Fische zusammen spielen, wie das unversehrte Fische zweifellos tun. Hieraus kann man die Willkürlichkeit der Bewegung erschließen.

5. Das Sehvermögen prüft man, indem man in die Bahn ein Hindernis, z. B. ein Brettchen stellt, dem sehende Fische regelmäßig ausweichen; wogegen sehende Fische nicht selten gegen eine Glaswand anstoßen. Oder man tritt an das Glasbassin dem Fische gegenüber oder man greift nach ihm.

Wenn die operierten Fische unfähig sind, die Nahrung selbständig und willkürlich aufzunehmen, und man die Absicht hat, sie längere Zeit am Leben zu erhalten, so muß man sie künstlich füttern, indem man ihnen das Futter (die oben angegebene Nahrung) tief in das geöffnete Maul schiebt — aber immer mit großer Vorsicht und Geschwindigkeit.

Lebende Flußfische (Knochenfische) liefert jede größere Fischhandlung des Inlandes.

B. Die Knorpelfische.

1. Die Haifische.

Von den Haifischen, die infolge ihrer großen Widerstandsfähigkeit ein ausgezeichnetes Material bieten, eignen sich für den Versuch am meisten der Hunds- und Katzenhai (Scyllium canicula und Scyllium catulus).

Man wählt mit Vorteil den Hundshai, welcher bei $^1/_2$ m Länge ausgewachsen und im Mittelmeer häufiger ist. Der Katzenhai, welcher ausgewachsen $1^1/_2$ m lang ist, eignet sich ebenfalls besser bei $^1/_2$ m Länge, weil bei den längeren bzw. älteren Tieren die Gewebe meist zu fest sind und auch hier das Mißverhältnis zwischen Gehirn und Schädelkapsel störend wirkt, wie bei den Knochenfischen.

Bei künstlicher Atmung verhält sich der Haifisch beliebige Zeit musterhaft ruhig.

Bei der knorpligen Beschaffenheit des Schädels und einer Haut, die sich wie Leder näht, kann man die Schädeleröffnung und -schließung einfacher gestalten als beim Knochenfisch.

Mit einem gewöhnlichen festen Messer schneidet man genau in der Mittellinie auf einem Punkte zwischen vorderem Augenwinkel und Nasenloch (das auf der Unterseite liegt) vorsichtig durch Haut und Knorpel durch und verlängert diesen Schnitt zunächst nach vorn um $^1/_2$ cm: nach vorn deshalb, weil unter dieser Stelle keine Gehirnsubstanz liegt, sondern nur ein mit Lymphe erfüllter Raum, als vorderster Abschnitt der Hirnkapsel. Um gefahrlos nach hinten weiter zu schneiden, fasst man mit einer festen Pinzette den hinteren Schnittrand etwas seitlich, erhebt ein wenig die Schädeldecke und erweitert den Schnitt um 1 cm. Die Figur 13 (natürliche Größe) zeigt den Haifischkopf und vorn die Linie, in der man einzuschneiden hat; eine weiße Linie, welche sich bei diesen Haifischen als natürliche Bildung vorfindet, wie in dem hier gezeichneten Exemplar. Die Wundränder werden durch stumpfe Wundhaken auseinander gezogen (event. genügt ein Wundhaken, den man selbst hält) und verschafft man sich auf diese Weise einen genügenden Einblick in den vordersten Teil des Gehirns.

Hat man die beabsichtigte Operation am Gehirn vollzogen, so werden die Wundhaken entfernt und die Wundränder, welche sich gut aneinander legen, mit fester Nadel und festem Faden, wie ein anderes Tierfell, genäht. Der Abschluß ist ein vollständiger.

Diese Art der Eröffnung der Schädelhöhle ist nur anwendbar bei Operationen an den vorderen Teilen des Gehirns. Will man Operationen im Zwischen- und Mittelhirn oder noch weiter hinten machen, wo die zunehmende

Dicke des Schädeldaches ein genügendes Auseinanderziehen der Wundränder nicht gestattet, so hat man mit einer kurzen festen Schere einen durch Haut

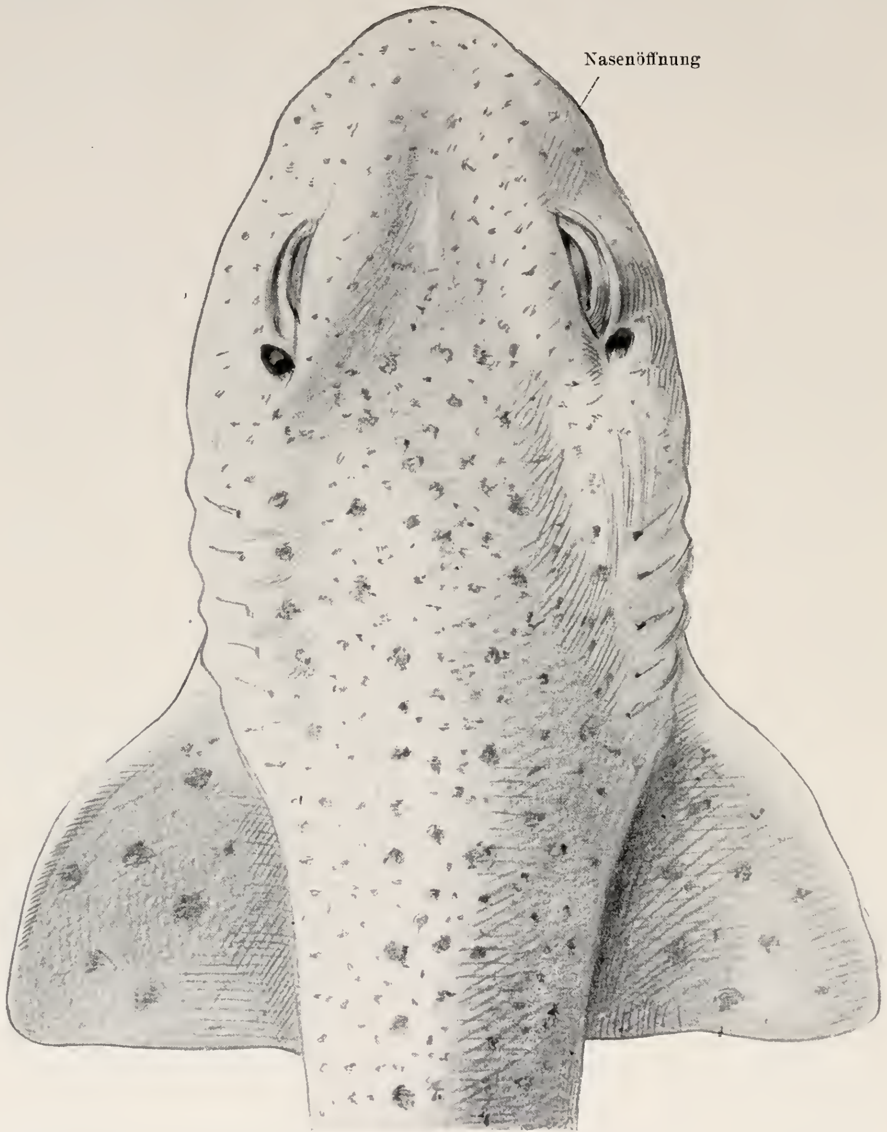


Fig. 13.

und Knorpel durchgehenden Lappen anzulegen, der vorn kurz hinter der Verbindungslinie der vorderen Augenwinkel beginnt und nach hinten etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm (nach Bedarf) fortgesetzt werden mag, aber mit dem Körper in Verbindung bleiben muß und für die intrakranielle Operation zurückgeklappt

wird, wie die Figur 14 (natürliche Größe) zeigt. Ist die Operation beendet, so wird der Lappen zurückgelegt und regelrecht eingenäht.

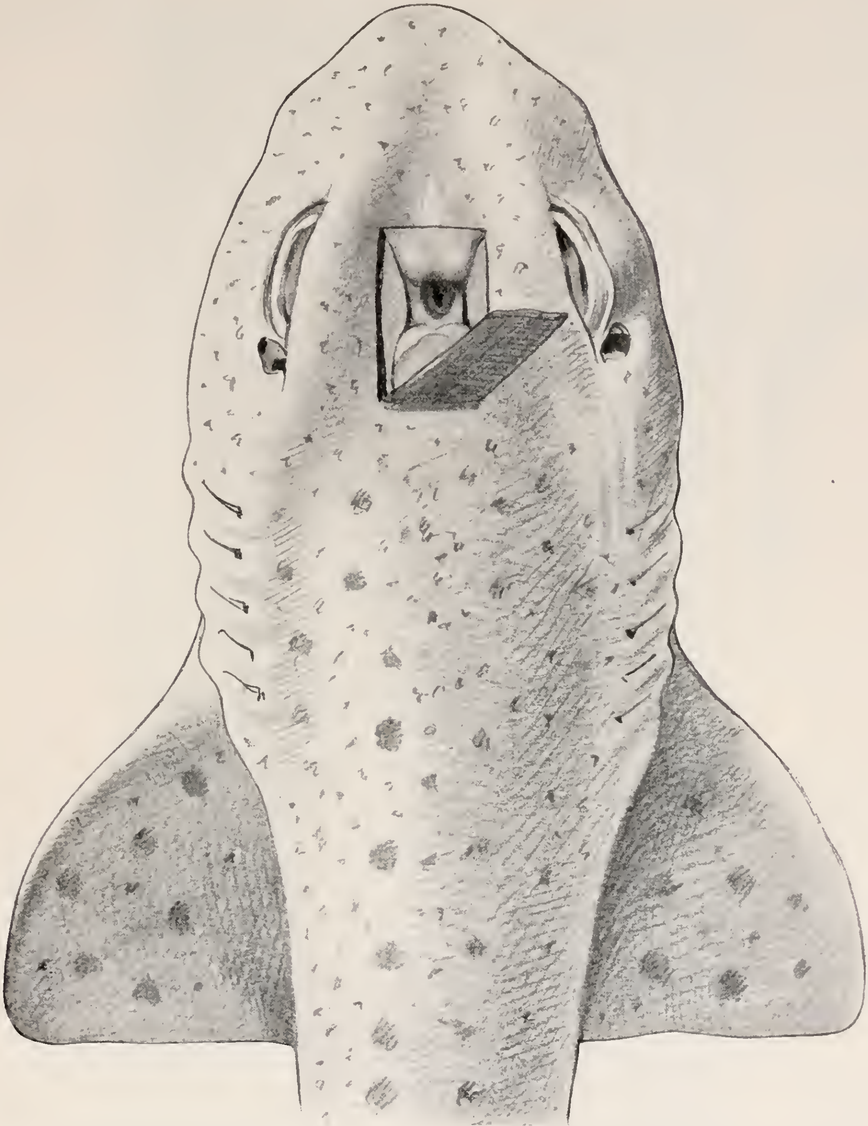


Fig. 14.

Die Abtragungen innerhalb des Gehirns werden nach den gleichen Methoden ausgeführt, wie bei den Knochenfischen, nur sind Meißel und Lanzenmesser entsprechend der Größe des Haifischgehirns größer zu nehmen, während man die Riechlappen mit dem Sichelmesser (Figur 11) durchschneidet. Alles

Nähere folgt aus der Figur 15, welche das Gehirn eines erwachsenen Hundshaies in natürlicher Größe wiedergibt. Nur sei zum Unterschied gegen den Knochenfisch bemerkt, daß man für die Abtragung des Vorderhirns, das genau auf der Grenze zum Zwischenhirn gemacht wird, nicht den Meißel benutzt, sondern das Lanzenmesser, da der N. opticus sich nicht unter dieser Stelle befindet.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß bei den Haifischen das Mittelhirn von hinten her durch das Kleinhirn mehr oder weniger überdeckt wird, weshalb man für die Operation im Mittelhirn das Kleinhirn vorher entweder entfernen oder abheben muß. Zugleich sei bemerkt, daß das Kleinhirn keine Pars anterior besitzt. Schließlich operiert man bei den Haifischen im Gebiete des Nachhirns sehr bequem und unbekümmert um Atemstörungen, weil die im Vagus verlaufenden Atemnerven zu den nach rückwärts gelegenen Kiementaschen ziehen, d. h. also umgekehrt wie bei den Knochenfischen.

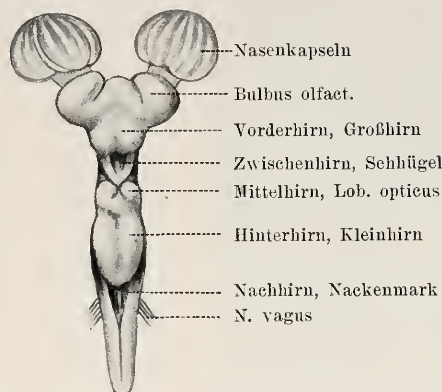


Fig. 15.

Zur allgemeinen Orientierung füge ich noch den Kopf eines Dornhaies (Acanthias vulgaris) bei, um namentlich die Lage des Gehirns und Rückenmarks, sowie einer Zahl von Hirnnerven in situ zu zeigen (Figur 16).

Funktionsprüfung bei den Haifischen.

Wenn man bei den Haifischen im Prinzip dieselben Prüfungen vorzunehmen hat, wie bei den Knochenfischen, so gestalten sich dieselben doch analog ihrer Lebensart etwas anders. Wir prüfen

1. Die normalen Schwimmbewegungen unserer Scyllien, welche schwimmen durch wellenförmige Bewegung ihres ganzen Leibes, ganz ähnlich, wie unsere Aale, bei voller Äquilibrierung; die Flossen sind vielfach starr und funktionieren nur wenig. Diese Fische liegen in der Regel stundenlang ruhig auf dem Sand und müssen zu Bewegungen durch mechanisches Anstoßen oder durch vorgeworfene Nahrung angeregt werden.

2. Die willkürliche Nahrungsaufnahme ist hier anders zu prüfen, als bei den Knochenfischen, denn wirft man den Haifischen ihr Lieblingsgericht, tote Sardinen, in das Bassin, so setzen sie sich nach kurzer Zeit in Bewegung, ohne aber direkt auf die Nahrung loszugehen, sondern sie umziehen dieselbe in immer enger werdenden Kreisen, bis sie schließlich mit dem Maul auf die Beute fallen und sie verschlingen. Es ist offenbar nicht der Gesichtssinn, der sie dabei leitet, sondern der Geruchssinn.

3. Das Sehvermögen ist in gleicher Weise, wie bei den Knochenfischen zu prüfen, aber es muß das im Dunkeln, d. h. bei Nacht geschehen, denn bei Tage ist die Pupille stets auf einen feinen Spalt reduziert, durch den

sicherlich nur wenig Licht in das Auge eintreten kann, während bei Nacht die Pupille rund und weit geöffnet ist.

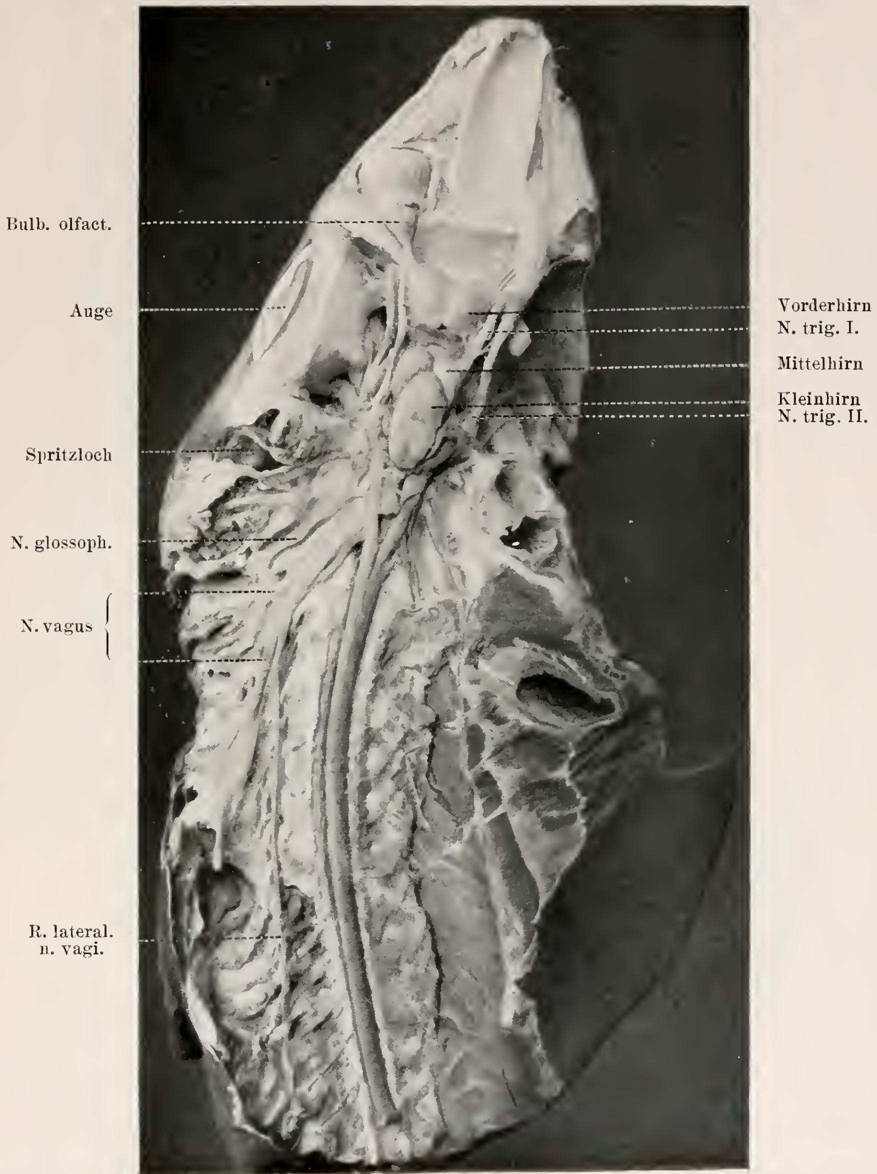


Fig. 16.

4. Die Willkürlichkeit der Bewegungen ist einwandfrei nur schwer festzustellen angesichts der Trägheit ihrer Bewegungen und der Tatsache, daß

auch die für die Nahrungsaufnahme eingeleitete Bewegung von einem äußeren Reize abhängt.

Haifische füttert man am einfachsten mit toten Fischen.

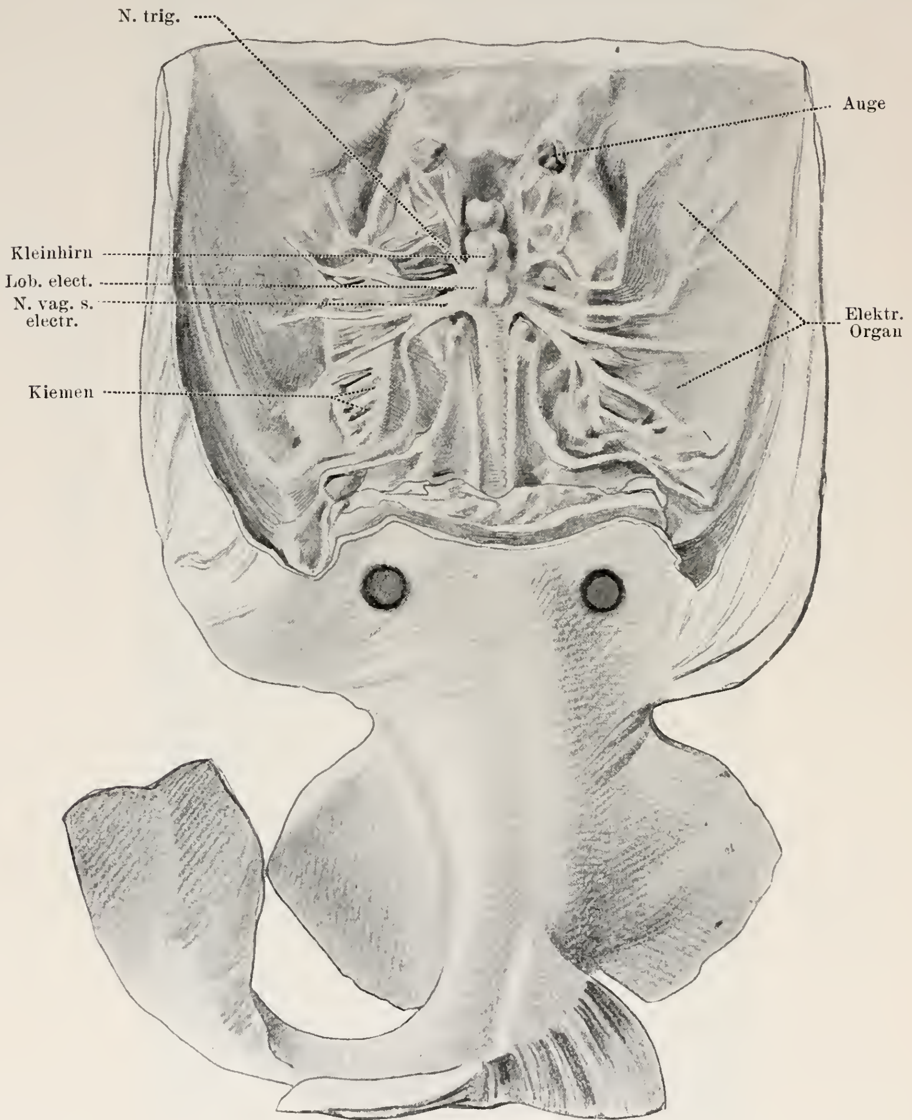


Fig. 17.

Man bearbeitet Haifische am besten am Meer selbst (Zoolog. Station in Neapel, Arcachon am Atlantischen Meer oder in der Biolog. Station in Helgoland; letztere liefert auch lebende Haifische hierher).

2. Die Rochen.

Unter den Rochen eignen sich am meisten für den Versuch die Torpedineen (Torpedo marmorata und oculata) trotz der elektrischen Schläge, an die man sich gewöhnt und die bekanntlich rasch an Stärke abnehmen.

Auch hat der Zitterroche den großen Vorteil eine feste Haut zu besitzen, die namentlich über der Schädelkapsel sehr lose aufsitzt, bequem eingeschnitten und wieder fest durch eine Naht geschlossen werden kann.

Die Eröffnung der Schädelkapsel gestaltet sich demnach folgendermaßen: Sobald der Fisch unter künstlicher Atmung ruhig daliegt, erhebt man mit einer festen Pinzette die Haut in der Mittellinie nach vorn von den Augen und legt in dieselbe einen genügenden Längsschnitt, zieht die Ränder auseinander und durchschneidet mit einem Messer den nicht harten Knorpel, wobei die übrigen Verhältnisse genau so liegen, wie beim Hai, auch die hirnfreie vordere Abteilung des Hirnraumes ist vorhanden. Da die Haut so fest genäht werden kann, so kommt es auf die Bildung eines Knorpellappens nicht an, womit man sich also nicht aufzuhalten braucht, sondern man eröffnet in beliebiger Ausdehnung ganz nach Bequemlichkeit, kann die knorplige Decke eventuell auch ganz abtragen. Die einfache Naht schließt die Schädelhöhle fest zu.

Wenn die Ruhe des Fisches nicht genügt, so habe ich wiederholt durch einfaches festes Aufdrücken mit dem Mittelfinger auf die vordere Schädelkapsel totale Ruhe herstellen können.

Es sei noch bemerkt, daß sich die Torpedineen im allgemeinen sehr widerstandsfähig für die Operation erweisen. Fig. 17 zeigt das Gehirn einer Torpedo ocellata mit ihrem Lobus electricus, den elektrischen Nerven und den elektrischen Organen. (Die elektrischen Nerven entstammen vorwiegend dem Vagus, die vorderen Äste dem N. trigeminus.)

Andere Rochen im Mittelmeer sind Raja clavata und R. miraletus, die im ganzen wenig geeignet sind, während die durch ihre Form rochenähnlichen Squatiniden, wie Squatina vulgaris, sehr brauchbar und als Haie, wie diese, zu behandeln sind.

3. Die Störe.

Für uns erreichbar ist wesentlich nur der eigentliche Stör (Accipenser sturio), welcher im Atlantischen- und Mittelmeer, sowie in der Nord- und Ostsee sich aufhält.

Nach meinen Erfahrungen kommt für uns als Fangort die Elbmündung in Betracht, von wo in den Monaten Mai bis August täglich am frühen Morgen 50 und mehr lebende Störe von 2 Meter Länge auf den Fischmarkt von St. Pauli-Hamburg gebracht werden.

Aber diese Riesen sind für den Versuch nicht zu brauchen, denn der Riesenkopf von etwa 6 cm Höhe (Knorpel) zeigt an seiner Basis eine ganz kleine Hirnhöhle und in dieser das relativ winzige Gehirn. Die beistehende Figur 18 zeigt das Gehirn in einem solchen Kopfe, an dem ich mehrere Tage gearbeitet habe, um zu dem Gehirn durchzudringen (es sind alle übrigen Teile des Kopfes entfernt und nur die nächste Umgebung des Gehirns dargestellt, um die tiefe Einbettung desselben zu verstehen). Ich gebe das Bild, welches

nach dem von mir angefertigten Präparate gezeichnet ist, hier wieder, weil seit Stannius (Müllers Archiv f. Anatomie und Physiologie 1843) eine

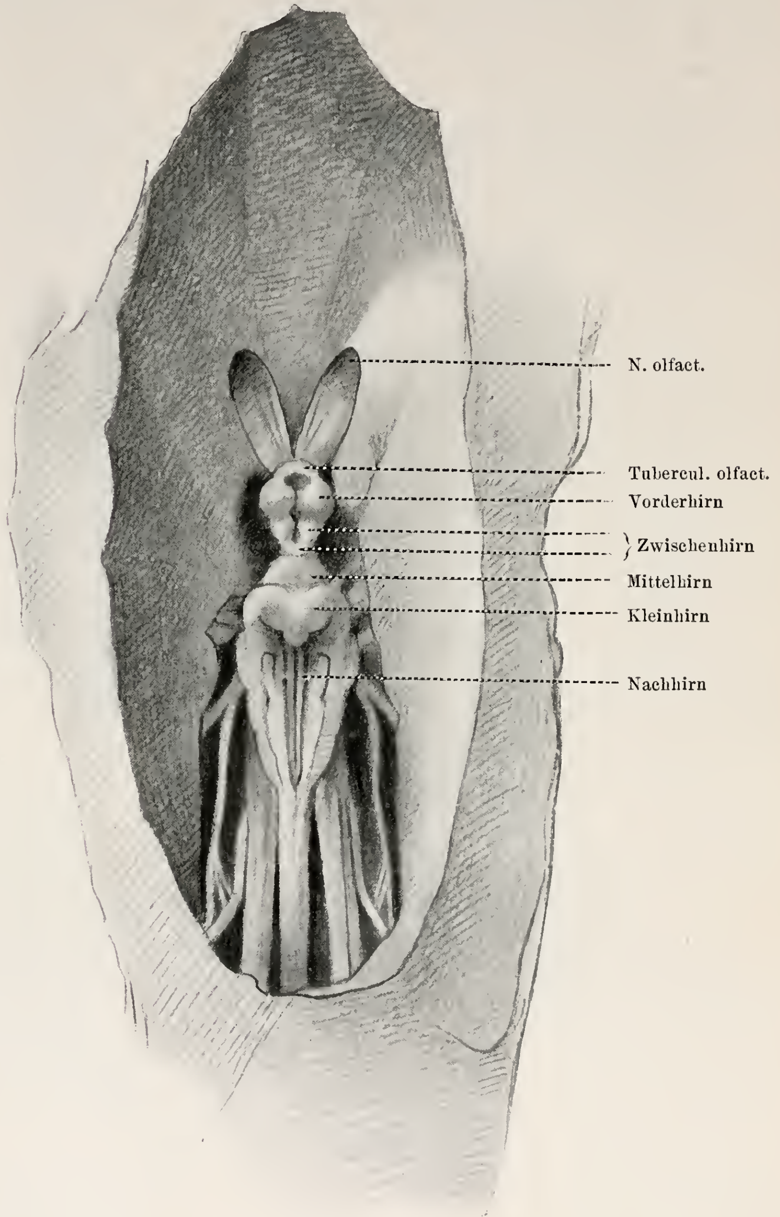


Fig. 18.

makroskopische Abbildung dieses Gehirns, soweit ich durch Umfrage festgestellt habe, nicht vorhanden und das Stanniussche Bild auch nicht ganz

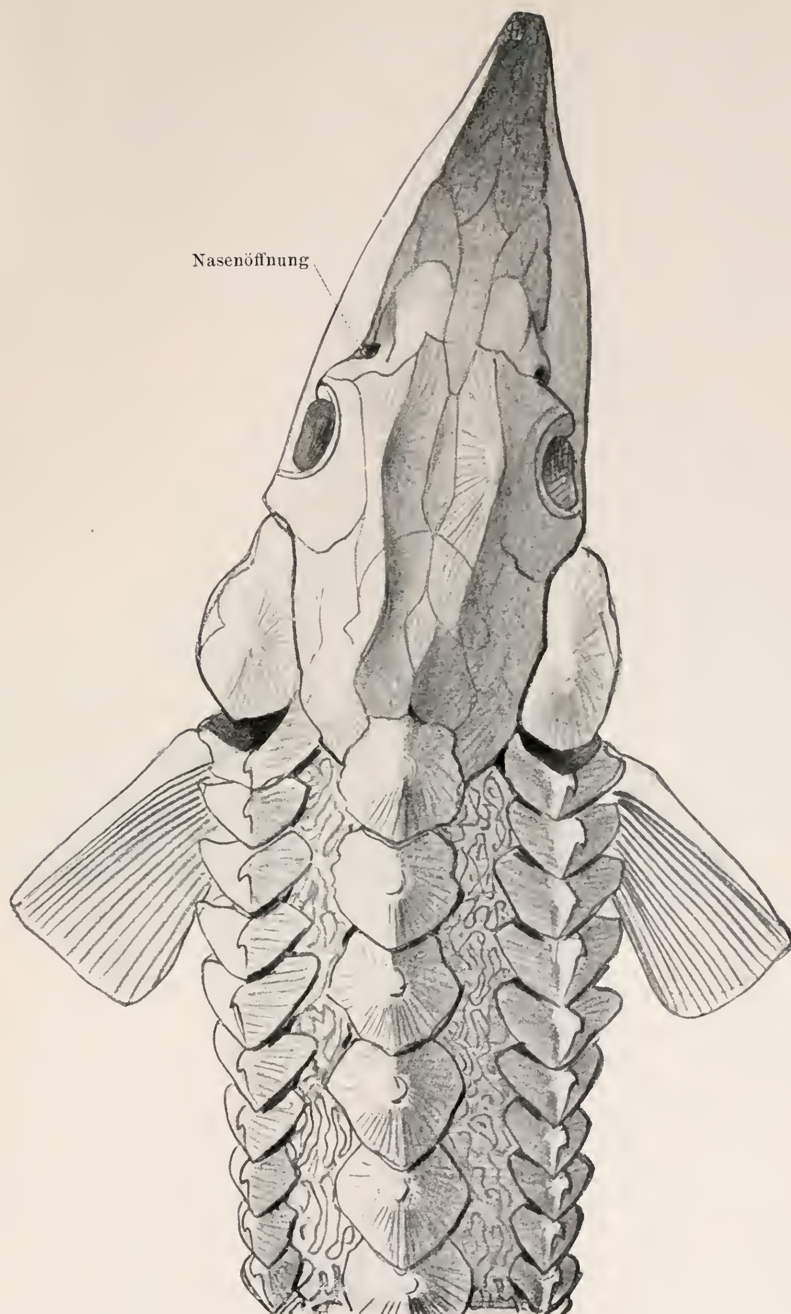


Fig. 19.

deutlich ist. Experimente kann man deshalb nur an kleinen Exemplaren von 30—40 cm Länge machen, die freilich bei der noch immer großen Dicke des Schädels genügende Schwierigkeiten bieten*).

In Fig. 19 ist ein Kopf eines solchen Störs in natürlicher Größe abgebildet, an dem man zwischen vorderen Augenrand und hinteren Nasenrand einzuschneiden hat, um an das Gehirn zu gelangen: es ist eine sehr mühevolle, event. unausführbare Arbeit, die man am besten noch mit dem oben in Fig. 6 angegebenen Meißel ausführen könnte.

Erreicht man endlich in der Tiefe das winzige Gehirn, so muß man eine Lupe zur Hand nehmen, um die Teile zu unterscheiden.

Im ganzen ist von diesen Versuchen abzuraten.

Die Prüfung der Funktionsstörung bei Rochen und Stören geschieht wie bei den anderen Fischen.

C. Die Pleuronectiden (asymmetrische Knochenfische).

Zu den Pleuronectiden zählen 1. die Butten (Rhombus), 2. die Schollen (Platessa) und 3. die Seezungen (Solea). Diese Fische zum Experimente heranzuziehen, hat seinen Grund in einer höchst interessanten Erscheinung, die im Bereiche der sog. „Zwangsbewegungen" liegt, wobei es sich wesentlich um die einseitige Abtragung des Mittelhirns handelt. Die Pleuronectiden sind im Atlantischen Meere, namentlich in der Nordsee vertreten, so daß man sie zahlreich auf den Fischmärkten der belgischen, holländischen, deutschen und dänischen Küste zu sehen bekommt. Im Mittelmeere sind sie seltener, doch waren in der Zoologischen Station in Neapel immer einige lebende Exemplare von Solea zu haben.

Wenn man den Kopf z. B. einer Seezunge betrachtet, so fällt sogleich als Ausdruck der Asymmetrie auf, daß die beiden Augen nicht in gleicher Körperhöhe, etwa von dem oralen Ende, gleich weit entfernt liegen, sondern daß diese Entfernung ungleich ist, so daß die Verbindungslinie der beiden Augen nicht senkrecht zur Körperachse steht, sondern mit derselben einen spitzen resp. stumpfen Winkel bildet (den sinnfälligen Gegensatz zu den Pleuronectiden bilden die Rochen, welche zwar ebenfalls Flachfische, aber symmetrisch gebaut sind und deren Augen auch gleichweit von dem oralen Körperende entfernt liegen). Die Fig. 20 zeigt das Kopfstück einer Seezunge mit den bloßgelegten Hirnteilen: Vorderhirn, Mittelhirn und das unpaare Kleinhirn, von dem aus die Orientierung in dubio immer am leichtesten ist.

Nachdem die Atmung eingeleitet ist, sucht man die Seitenlinie auf, welche in der Regel von dem oberen Auge ausgeht. Man schneidet etwa $\frac{1}{2}$ cm unterhalb des Auges mit der Zange ein, indem man sich zugleich ein wenig mehr nach der Mittellinie wendet. Man kann auch zwischen den Augen bei festem Eindrücken in die Tiefe mit dem Finger eine Knochenleiste fühlen, welche nach vorn die Verlängerung der Hirnkapsel ist. Man folgt dieser nach hinten bis etwa $\frac{1}{2}$ cm von dem oberen Auge entfernt und schneidet mit der Zange ein: dann trifft man auf die Hirnkapsel. Man versucht, wie bei den Knochenfischen, einen Lappen abzuheben oder da dies

*) Da für die jungen Tiere Schonzeit besteht, so muß man zu dem Fange von der Regierung besondere Erlaubnis haben. Eventuell erhält man das eine oder das andere Exemplar vom Hamburger Zoologischen Garten, der wohl stets einige Tiere besitzt.

hier Schwierigkeiten hat, man verzichtet auf einen Lappen und macht hinterher einen Verschluß, wie bei den Knochenfischen angegeben (Gelatinekappe).

Man achte darauf, daß man nicht in die benachbarte Augenhöhle gerate, was man leicht vermeidet, da man den Augenhöhlenrand mit dem Finger fest abtasten kann; ebenso hüte man sich, den dem Operationsfelde nahe liegenden Kiemendeckel zu verletzen.

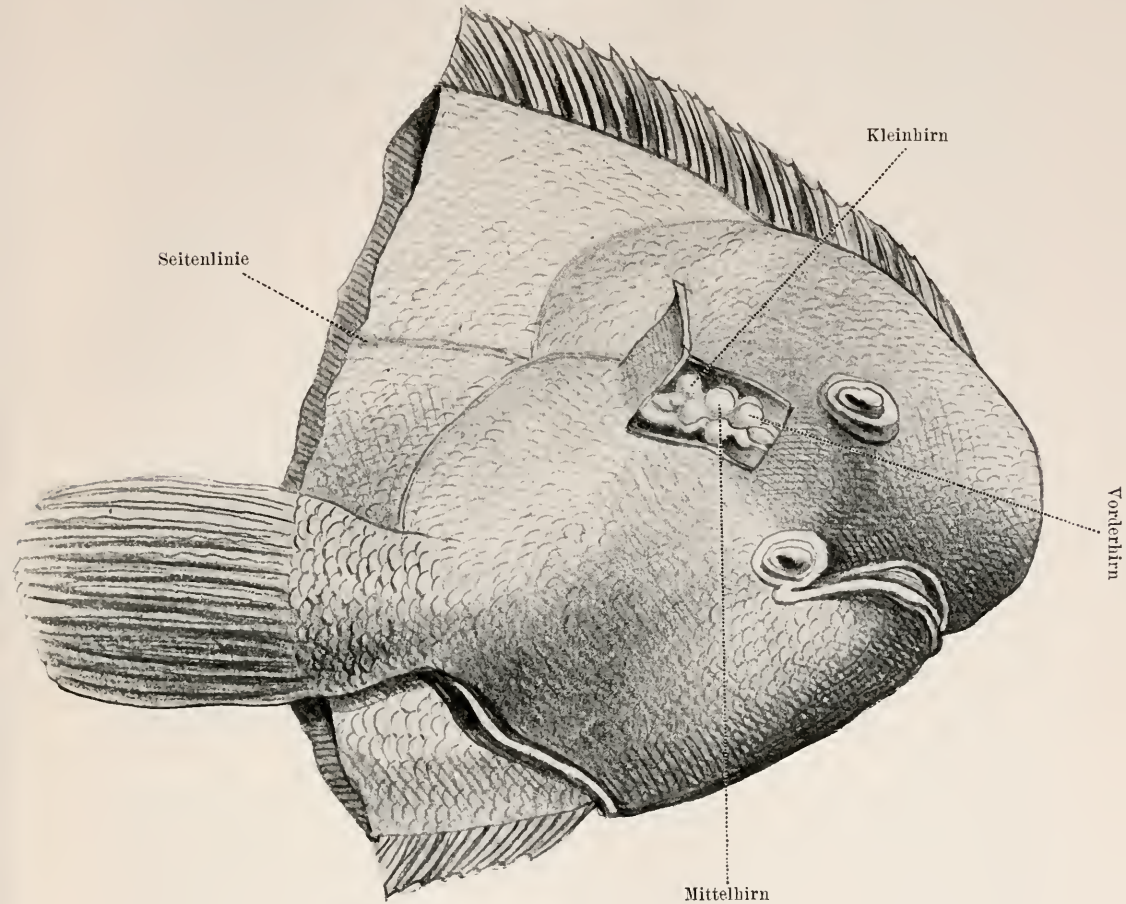


Fig. 20.

Die einseitige Abtragung des rechtsseitigen Mittelhirns, das man direkt vor sich hat, hat keinerlei Schwierigkeit und geschieht am besten mit dem Meißel (Figur 6). Für die Abtragung der linken Seite kann man die rechte Seite mit dem stumpfen Schaufelchen (Figur 10) nach vorn ziehen und dann ebenfalls mit dem Meißel die Abtragung links anschließen.

Bei der Prüfung der Funktionsstörung handelt es sich nur um die durch einseitige Abtragung des Mittelhirns entstehende Kreisbewegung, welche aus genetischen Gründen in einer anderen Ebene vor sich geht, als bei den symmetrischen Fischen.

II. Amphibien.

1. Ungeschwänzte Amphibien.

Hier tritt das klassische Tier der Experimentalphysiologie, der Frosch, in seine Rechte, und zwar wird der grüne Wasserfrosch (Rana esculenta) bevorzugt, während der Grasfrosch (Rana temporaria) nur besonderen Zwecken dient, da er weniger widerstandsfähig ist. Der amerikanische Ochsenfrosch (R. mugiens) ist ein sehr schönes, aber ebenso kostbares Objekt. Gelegentlich zieht man auch die Kröten heran (Bufo und Bombinator). Man pflegt die Frösche in etwas flachen irdenen Töpfen aufzubewahren, die durch ein halb zu öffnendes Drahtgitter oben abgeschlossen werden; etwa 4—6 in einem solchen Topfe. Man bringt auf den Boden desselben soviel Wasser, daß es den Tieren bis an die Brust reicht und erneuert dasselbe täglich.

So zweckmäßig diese Art der Aufbewahrung auch für die unverletzten Tiere sein mag, so ist sie für die operierten Tiere nicht zu empfehlen, welche die größte Ruhe haben müssen und bei dem Reinigen ihres Behälters möglichst nicht angerührt werden dürfen, weil sie sonst in ungestüme Bewegungen geraten und dadurch das Resultat der Operation gefährden durch Nachblutung oder sonstige Vorkommnisse. Man wählt für die operierten Tiere flache Zinkkästen, welche durch feine Drahtgitter geschlossen sind und etwas schief gestellt werden, so daß das Wasser sich an den tieferen Stellen ansammelt. An der höher stehenden Seite des Kastens schließt eine Rinne an, durch welche man Wasser in den Kasten einfließen läßt, während sich auf der Gegenseite des Kastens eine Öffnung zum Ablassen des Wassers befindet.

Auf diese Weise kann man dem Behälter Wasser zu- und ableiten, sowie ihn reinigen, ohne den Frosch dabei zu stören, während er selbst nach freier Wahl sich im Freien oder im Wasser aufhalten kann. Man legt einen langen Kasten an und teilt diesen in eine Anzahl kleinerer Abteilungen, von denen jede immer nur mit einem operierten Frosche besetzt wird.

Ein besonderer, zweckmäßiger Halter zur Befestigung des Frosches bei Gehirnoperationen ist meines Wissens nicht vorhanden, aber auch nicht nötig, denn es ist immer noch die alte Methode zu bevorzugen, den Frosch bis über die Vorderextremitäten fest in ein dünnes Leinentuch einzuwickeln und so in der linken Hand zu halten, während man die rechte Hand völlig frei zum Hantieren hat. Indem man den Frosch selbst in der linken Hand hält, kann man ihn in jedem Augenblick ganz nach Belieben drehen und wenden, um bessere Beleuchtung usw. zu haben (manche Experimentatoren ätherisieren den Frosch vorher [Ätherschwamm unter Glasglocke], was aber nur in ganz geringem Grade geschehen darf). Nunmehr macht man mit einer spitzen Schere einen Hautschnitt, welcher die Mitte der beiden Trommelfelle verbindet, ohne aber die Trommelfelle zu erreichen, weil dort eine kleine Arterie passiert, deren Durchschneidung unangenehme Blutung erzeugt. Jetzt setzt man auf diesen Querschnitt einen Längsschnitt nach dem Kopfende hin. Man hat dann 2 Hautlappen, welche sich in der Regel über das Auge klappen lassen, am einfachsten in der Weise, daß man sie mit kleinen feuchten Schwämmchen hinüberstreicht. Oder gelingt das durchaus nicht, was wohl vorkommt, so faßt man sie mit einer kleinen Klemm-

pinzette und schlägt sie so zurück. Man hat dann die Schädeldecke frei vor sich, auf der sich deutlich die Ossa frontoparietalia, sowie weiter rückwärts die symmetrisch gelegenen eben heraustretenden Muskeln abheben. Die Fig. 21 gibt das sich darbietende Bild mit den beschriebenen Stücken, zugleich auch mit der kleinen Klemmpinzette wieder.

Jetzt werden in der Höhe des vorderen Augenwinkels mit der Knochenzange die Ossa frontoparietalia eingeschnitten und in ihrer ganzen Ausdehnung abgehoben, wobei man natürlich die Zange möglichst flach führt, um keine Verletzung der Hirnteile herbeizuführen. Hat man diese Knochen abgehoben, so liegt das Gehirn bis zum Kleinhirn vor. Einzelne Fäden

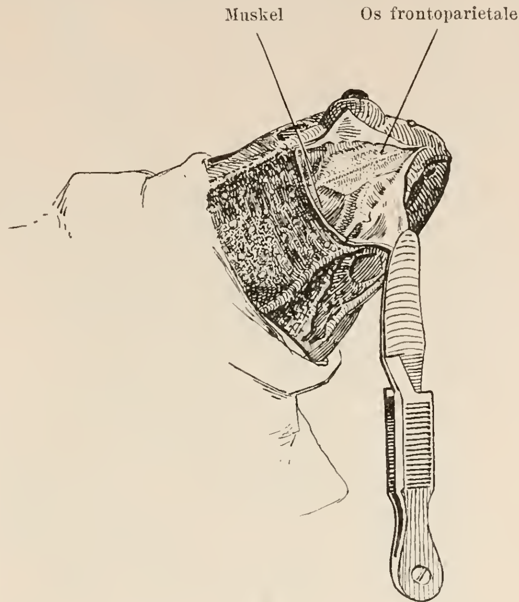


Fig. 21.

oder deutlich weiße Kalkkonkremente entfernt man entweder vorsichtig mit feiner Pinzette oder noch einfacher durch Tupfen mit ganz kleinen, in physiolog. Kochsalzlösung getauchten Schwämmchen, wodurch zugleich kleine Blutmengen weggetupft werden. Blutet es etwas mehr, so verstärkt bzw. wiederholt man das Abtupfen des Blutes, hält sich aber niemals mit besonderer Blutstillung auf, am wenigsten mit Unterbindung von Blutgefäßen, dazu sind die Gefäße viel zu fein und auch der Zeitverlust viel zu groß. Das zu erstrebende Ziel besteht darin, die Hirnoberfläche klar, deutlich und rasch in Sicht zu bekommen, um den betreffenden Teil sicher zu erkennen und abzutragen. Das erreicht man stets, selbst bei stärkeren Blutungen, die übrigens selten sind, durch das eben erwähnte Verfahren des Wegtupfens mit kleinen, feinsten, in der Pinzette gehaltenen Schwämmchen. Die Fig. 22 gibt ein Bild des Zustandes des bloßgelegten Gehirns, worin der linke Hautlappen weggelassen worden ist, um das Lageverhältnis gegen das Auge zu erkennen, während rechts der Hautlappen von



Fig. 22.

der Klemmpinzette fixiert das rechte Auge überdeckt. Will man, wie das hier geschehen ist, auch das Nachhirn frei haben, so muß man den Hautschnitt nach hinten verlängern und ebenso die Decke des Schädels mit der Knochenzange bis in die Muskulatur hinein noch etwas weiter nach hinten abheben. Dabei kann es etwas mehr bluten, aber auch hier nur Tupfen und keine andere Blutstillung. (Der kleine, untere Hautlappen rechts ist ebenfalls fortgelassen, um das Verhältnis zum Trommelfell klar zu legen.) Diese Figur zeigt zugleich die Art und Weise, wie der Frosch durch Handtuch und Hand festgehalten wird (Fig. 21 und 22: mittelgroßer Frosch, natürliche Größe).

Zur weiteren Orientierung beim Experiment ist in Fig. 23 das Gehirn mit dem vordersten Teile des Rückenmarks und den zugehörigen Hirnnerven in 6 facher Vergrößerung angefügt (nach Gaupp).

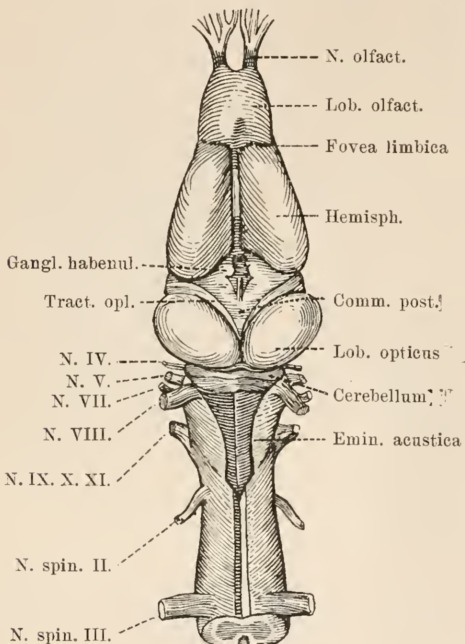


Fig. 23.

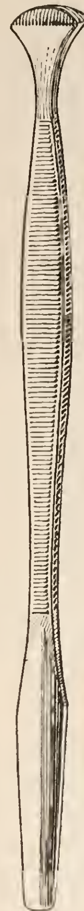

Fig. 25.


Fig. 26.


Fig. 24.

Endlich diene noch zur Orientierung die Fig. 24, das isolierte Gehirn eines großen Frosches (links der N. opticus) in natürlicher Größe.

Ehe man zu einem Eingriff in das Gehirn schreitet, sorge man, was eine durchgehende Vorschrift der Technik bleiben muß, für ein klares Operationsfeld, damit man genau sehen kann, was man macht.

Den abgetragenen Hirnteil entfernt man durch Herausholen mit der Pinzette, macht das Operationsfeld eventuell durch Abtupfen wieder frei und überzeugt sich endlich von der Richtigkeit der ausgeführten Operation.

Einen Knochenlappen, wie beim Fisch anzulegen, dürfte bei der Kleinheit des Objektes zunächst schwierig sein, ist aber überhaupt nicht nötig, sondern man klappt die beiden Hautlappen, welche das Gehirn ausreichend decken, einfach herunter. Auch die Anlegung einer Naht ist völlig überflüssig, da die Hautlappen von selbst fest aufliegen und für weiteren Schutz das etwa vorhandene Blut oder die Gewebsflüssigkeit sorgen. Niemals habe ich von diesen überstehenden Flüssigkeiten Druckerscheinungen gesehen.


Fig. 27.

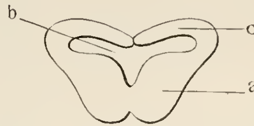


Fig. 28.

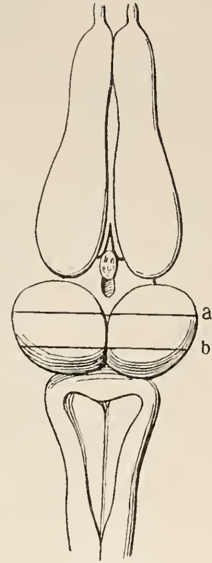


Fig. 29.

Im einzelnen werden die Operationen wie folgt ausgeführt:

1. Die Lobi olfactorii trennt man am einfachsten mit dem Meißel (Figur 25) ab.

2. Das Großhirn umschneidet man mit einem feinen spitzen Messerchen (Figur 27) auf der hinteren Grenze gegen das Zwischenhirn und zwar beginnt man in der Mittellinie, um das Messer nach links und rechts bis zum Rande zu führen.

3. Das Zwischenhirn ebenso auf seiner hinteren Grenze.

4. Die Decke des Mittelhirns trägt man mit der Bajonettschere ab.

5. Das Mittelhirn mit dem Lanzenmesser (Figur 26).

Figur 28 zeigt das Verhältnis der in Frage kommenden Teile des Mittelhirns, nämlich *c* die Decke, *a* die Basis und *b* die Höhle.

6. Das Kleinhirn des Frosches, wie aller Amphibien, ist ein schmales Bändchen, welches quer über den vorderen Teil der Rautengrube ausgespannt hohl liegt und nur an den beiden Enden, d. h. also an den Rändern

des Nachhirns befestigt ist. Die Befestigung durchschneidet man mit der Bajonettschere.

7. Das Nachhirn schneidet man quer durch in beliebiger Höhe mit dem Lanzenmesser (Figur 26).

8. Das Mittelhirn teilweise durch die beiden Schnitte, wie *a* und *b* in Figur 29, wobei man sorgfältig darauf zu achten hat, daß die beiden Schnittlinien genau symmetrisch und senkrecht zur Körperachse stehen. Man macht diese Schnitte mit dem Lanzenmesser (Figur 26).

Hat man die Operation beendet, so hält man sich weder mit Reinigung der Wunde, noch Blutstillung auf (selbstverständlich sind Knochensplitter und Hirnteile schon vorher entfernt worden), sondern klappt, wie oben schon bemerkt, die Hautlappen über die Wunde und setzt den Frosch behutsam allein in seinen Behälter, in dem nur wenig Wasser steht (siehe oben). Man tut weiterhin gut, den Frosch nunmehr für 1—2 Tage sich selbst zu überlassen und keinerlei Prüfung zu unterziehen. Ins Wasser zu Schwimmversuchen bringe man ihn noch später; erst wenn man sieht, daß die Operationswunde einigermaßen geschlossen erscheint.

Auch noch später gehe man mit den operierten Fröschen stets behutsam und vorsichtig um, lasse sie namentlich keine zu hohen Sprünge auf festem Boden machen, da sie dabei leicht zu Schaden kommen, denn ihre Widerstandsfähigkeit leidet durch die Operation.

Wenn man Kröten operieren will, wo die Dinge prinzipiell so liegen wie beim Frosch, so hat man daran zu denken, daß deren Haut ein scharfes Sekret absondert, vor dem man Augen und Hände schützen muß.

Funktionsprüfung der operierten Frösche.

Bei den operierten Fröschen hat man zu prüfen

1. Die einfache Ortsbewegung a) auf dem Lande durch Beobachtung des Sprunges, wobei man aber durchaus große Sprünge, z. B. vom Tisch auf den Boden zu vermeiden hat, b) im Wasser, wo er rapide schwimmt unter flachem Anlegen der Vorderextremitäten an den Rumpf bei gleichzeitig kräftigem periodischen Strecken der Hinterextremitäten oder unter leichtem Vorwärtsstellen der Vorderextremitäten und leichten Streckbewegungen der Hinterextremitäten. Man hat weiter darauf zu achten ob der Frosch willkürlich aus dem Wasser springt oder keinerlei Versuch dazu macht.

2. Die willkürliche Bewegungsfähigkeit. Zu diesem Zweck macht man auf einen Tisch oder besser noch auf den Fußboden ein entsprechend großes Kreuz mit Kreide und setzt den Frosch darauf — am besten in einem Zimmer mit Oberlicht. Selbstverständlich hat man jeden äußern Reiz auszuschließen, namentlich direkte Sonnen- oder Wärmestrahlen. Nach einiger Zeit stellt man fest, welche Lage der Frosch zu dem Kreidekreuz einnimmt.

3. Die willkürliche Nahrungsaufnahme. Man bringt den Frosch unter eine Glasglocke und unter diese zugleich einige lebende Fliegen.

4. Rückwärtskriechen, das beobachtet wird nach teilweiser Abtragung des Mittelhirns (Fig. 29, Linie b), wenn man die Zehen der Hinterextremität unter den Finger rollen läßt, nicht drückt.

5. Das Gleichgewicht a) auf der schiefen Ebene: Setzt man den Frosch auf ein einfaches Brettchen und erhebt dasselbe allmählich — weder zu rasch noch zu langsam — gegen die Vertikale, so beginnt der Frosch die schiefe Ebene hinaufzusteigen soweit, daß er selbst die Kante übersteigt. Senkt man das Brettchen entsprechend, so klettert er auf der anderen Seite wieder herunter. Senkt man das Brettchen gegen die Vertikale, so kriecht der Frosch rückwärts. b) auf der rotierenden Scheibe: man setzt den Frosch auf einen Holz- oder Porzellanteller und zwar in radialer Richtung, so daß er mit den Kopf gegen die Peripherie gerichtet ist. Rotiert man den Teller mit beiden Händen, so setzt sich der Frosch in Bewegung und läuft in einem Kreise, welcher den Drehungen entgegen gerichtet ist; beim Aufhören der Rotation bewegt er sich in umgekehrter Richtung, d. h. in gleicher Richtung mit der Drehbewegung des Tellers. Am schönsten fällt dieser Versuch aus, wenn man den Teller auf eine Wasserfläche setzt: hat man die Drehung vollendet und zieht man dem Frosch den Teller unter dem Bauche weg oder überträgt ihn selbst in einen nebenstehenden Wasserbehälter, so schwimmt der Frosch eine Zeitlang in dem gleichen Kreise herum; eine Bewegung, die nach kurzer Zeit in eine archimedische Schraube ausläuft. Bringt man den Teller auf einen Rotationsapparat, dessen Gang ganz regelmäßig ist und dessen Umdrehungszahl jedesmal numerisch bestimmt werden kann, so zeigt sich, daß die beschriebenen Bewegungen nur im Anfange und nach dem Authören desselben eintreten, daß aber in der Zeit der gleichmäßigen Rotation der Frosch in völliger Ruhe verharrt. c) legt man den Frosch auf den Rücken, so ist zu beobachten, ob er seine Normalstellung wieder einnimmt.

6. Die Sehfähigkeit in der Weise, daß man ihm ein Buch oder ein Brett in den Weg stellt und ihn an den Zehen mechanisch reizt: entweder kann er dem Hindernis ausweichen oder über dasselbe hinwegspringen oder stößt gegen dasselbe.

7. Eine etwaige Veränderung der Hautfarbe.

Die operierten Tiere müssen vorsichtig gefüttert werden, indem man ihnen die Nahrung (z. B. zerkleinertes Froschfleisch) in die geöffnete Mundhöhle tief hineinschiebt. Man füttere nur alle 5—6 Tage, weil die Tiere sich dabei heftig sträuben, wodurch, wie oben schon bemerkt, leicht Nachblutungen oder andere Unfälle auftreten. Überdies brauchen diese operierten Kaltblüter wenig Nahrung.

Passende Frösche können natürlich in den entsprechenden Tümpeln gefangen werden. Früher pflegte Ungarn auserlesene, große Frösche zu liefern, doch soll diese Quelle in neuerer Zeit sehr spärlich fließen. Schließlich kommt man durch Anfrage bei den physiolog. Instituten immer noch am ehesten zum Ziel.

2. Die geschwänzten Amphibien.

Unter den geschwänzten Amphibien kommen für den Versuch in Betracht: 1. der Feuersalamander (Salamandra maculata), 2. der Wassersalamander (Triton cristatus) und 3. der in den Gebirgen Süddeutschlands und

der Schweiz lebende Alpensalamander (Triton alpestris). Event. auch der kleine Wassersalamander (Triton taeniatus).

Ohne zu ätherisieren wickelt man diese Tiere, wie den Frosch, in ein Handtuch und geht auch im übrigen genau wie beim Frosch vor, nur mit dem einen Unterschiede, daß man alle Instrumente noch etwas kleiner zu nehmen hat, da die Hirndimensionen fast winzig sind.

Figur 30 zeigt bei A das isolierte Gehirn eines Feuersalamanders von oben, bei B ein solches von unten in situ in natürlicher Größe.

Ein besonderer Verschluß der Wunde ist so wenig nötig wie beim Frosch; nur behalte man die Tritonen auf dem Lande bzw. unter den gleichen Bedingungen wie den Frosch.

Für den Feuersalamander sei noch daran erinnert, daß er vorn neben dem Ohr eine Drüse hat, die ein milchweißes, sehr scharfes Sekret absondert, vor dem man Haut und Augen zu schützen hat.



Fig. 30.

III. Die Reptilien.

1. Die Lacerten.

Von den Reptilien sind es im wesentlichen die Eidechsen, die Lacerten, welche für den Versuch in Frage kommen. Man unterscheidet sie als Lacerta viridis, agilis und muralis. Ihr Vaterland ist der Süden, namentlich das sonnige Sizilien, wo sie bei einer Außentemperatur von ca. 30° C. ihre höchste Leistungsfähigkeit entwickeln. Diese Tatsache ist von wesentlicher Bedeutung, weil, wenn die Tiere hier im kühleren Norden verwendet werden, man niemals sicher ist, ob das Experiment alles leistet, was es leisten soll und kann. Jedenfalls habe ich gesehen, daß anscheinend einfache Versuche, die in Sizilien ganz glatt gelangen, hier bei einer Zimmertemperatur von 18° C. nicht zu erzielen waren. Man wird deshalb für solche Versuche stets eine möglichst hohe Temperatur einzuhalten haben, ohne indes damit sicher zu sein, das zu erreichen, was in der Heimat der Eidechse erreicht werden kann. Es ist daher immer am sichersten, diese Versuche an Ort und Stelle zu machen. Die Eidechsen, welche mir in Catania zu Gebote standen, pflegten etwa 40 cm lang zu sein, wovon aber auf den Rumpf inkl. Kopf nur etwa 10 cm kommen, während der Schwanz die übrige Länge einnimmt, so daß der Kopf dieser doch als groß zu bezeichnenden Tiere immer noch klein ist und das Gehirn nur das eines großen Frosches erreicht.

Für die Operationen an den Eidechsen gibt es einen zweckmäßigen Halter noch nicht, aber selbst wenn es einen solchen gäbe, würde ihre Unruhe und Beweglichkeit immer noch groß genug sein, um den Experimentator zu stören. Es ist deshalb am einfachsten und zweckmäßigsten, sie durch Äther zu betäuben und die betäubte Eidechse, wie es auch für den

Frosch angegeben worden ist, in ein Handtuch einzuwickeln und in der linken Hand festzuhalten. (Die Ätherisierung geschieht am einfachsten unter einer auf einem Teller stehenden Glasglocke, unter welche man einen mit Äther getränkten Schwamm legt. Man überträgt die Eidechse dahin am besten mit einer etwa 25 cm langen Pinzette, durch die man sie am Rumpf faßt, ohne daß sie den Experimentator beißen kann.)

Die Operation kann beginnen, wenn die Eidechse unter der Glasglocke bewegungslos und das Auge reaktionslos geworden ist. Hat man das Tier in das Handtuch eingewickelt, so beginnt die Eröffnung des Schädels mit der kleinen Knochenzange, und zwar in einem Schnitt, welcher in der Höhe der Mitte der Augen einsetzt. Man kann hier, wie bei den Fischen, einen Knochenlappen bilden, den man nach beendeter Operation in sein altes Lager wieder einsenkt.

Jedenfalls liegt das Gehirn direkt unter der Schädeldecke, aber von einer deutlichen Hirnhaut bedeckt, die man mit Scherenschnitten entfernt, um dann zur eigentlichen Operation überzugehen.

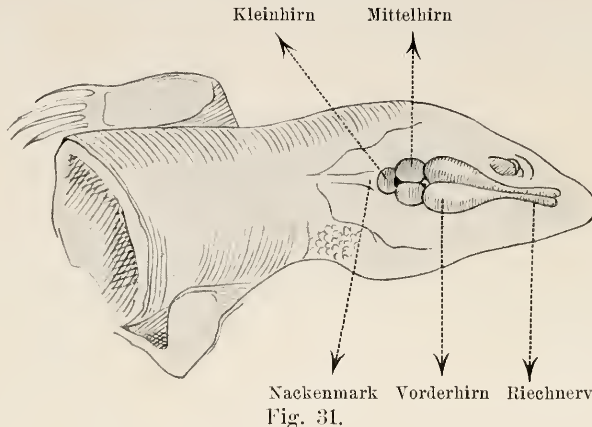


Fig. 31.

Die Figur 31 zeigt das Bild des Gehirns einer etwa 40 cm langen grünen Eidechse in situ und in natürlicher Größe, an dem man von oben her auch nur Vorder-, Mittel-, Hinter- und Nachhirn unterscheidet wie beim Knochenfisch. Das Zwischenhirn liegt in der Tiefe und ist nur auf einem Sagittalschnitt zu sehen, wie solcher in Figur 32 wiedergegeben ist.

Aus der Figur 32 folgt, daß man bei der Abtragung des Großhirns durchaus nicht bis auf die Basis des Schädels mit dem Schnitt gehen darf, denn sonst trifft man das Zwischenhirn inkl. N. opticus mit, sondern man benutzt wieder den scharfen Meißel (Figur 25), setzt ihn auf der Grenze von Groß- und Mittelhirn ein, geht einige Millimeter tief, um dann seine Spitze nach vorn zu erheben und vorwärts zu schieben. Man kommt so stets über das Zwischenhirn glatt hinweg und bekommt bei einiger Übung sehr bald alle diese Griffe und Abmessungen in die Hand.

Die Abtragung des Zwischenhirns erfolgt so, daß man das Messerchen (Figur 26) genau vor dem Mittelhirn senkrecht einsetzt und bis auf die Basis durchführt: es bleibt dann stets der hinterste Teil des Zwischenhirns, der

unter dem Mittelhirn hervorguckt, zurück. Will man dieses Stückchen auch noch isoliert herausholen, so muß man das Mittelhirn mit dem Schaufelchen ein wenig in die Höhe heben und den Rest mit dem Meißel hervorholen. Gewöhnlich begnügt man sich mit dem ersten Teil der Operation.

Mittelhirndecke und Kleinhirn werden mit der Bajonettschere, Mittelhirnbasis und Nachhirn mit dem Messerchen (Figur 26) abgetragen, genau wie beim Frosch.

Endlich trägt man auch die Decke des Großhirns allein ab, zweckmäßig mit der Bajonettschere. Vorweg nehmen wollen wir hier die einseitige Abtragung des Großhirns wegen ihrer Beziehung zu den spezifischen Funktionen desselben, welche man prinzipiell so ausführt wie die doppelseitige Abtragung, also mit dem Meißel in Fig. 25 und unter Schonung des Zwischenhirns.

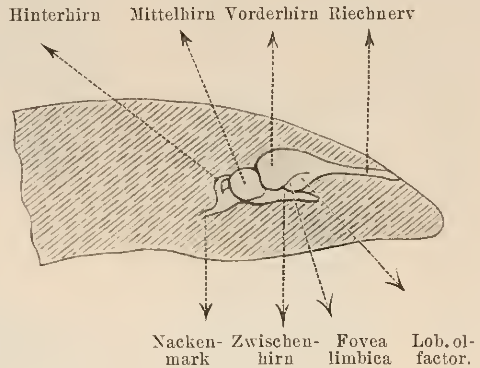


Fig. 32.

Daß man mit Leichtigkeit die Riechnerven durchschneiden kann, folgt aus der Fig. 31 unmittelbar. Trägt man das vordere Drittel des Großhirns ab, so hat man im wesentlichen den Lobus olfactorius abgetragen, der an der Basis liegt (vgl. Fig. 32).

Ist die Operation beendet, bei der gewöhnlich nur wenig Blut fließt, so bettet man den Knochenlappen wieder so ein, daß er fest liegt, was in der Regel keinerlei Schwierigkeit hat. War die Bildung eines Knochenlappens nicht gelungen, so kann man auch die einzelnen Knochensplitter, wenn sie hinreichend lang sind, mit Vorsicht zum Schutze auf die Operationswunde auflegen. Sollte auch das nicht gelingen und besteht der Wunsch, das Tier zu erhalten, so kann man 1—2 Tropfen neutralen Öls auf die Wunde tropfen.

Nach beendeter Operation bringt man die Tiere ganz vorsichtig in ihren Behälter. Als solche erweisen sich am zweckmäßigsten kleine oder größere Käfige mit dichtem Drahtgeflecht, an deren Wänden die Eidechsen gern in die Höhe kriechen und so gut beobachtet werden können.

Während man in einen Käfig mehrere unversehrte Tiere unterbringen kann, empfiehlt es sich dringend, wie bei den Fröschen, die operierten Tiere einzeln oder je nach der Schwere der Operation, wenn die Beweglichkeit sehr gelitten hat, allenfalls auch zu zweien in einen Käfig zu setzen — genau aus den gleichen Gründen wie beim Frosch.

Es sei daran erinnert, daß die operierten Tiere gefüttert werden müssen, womit man aber mehrere Tage warten kann, um durch die ungestümen Abwehrbewegungen des Tieres an der frischen Operation nicht Unheil zu verursachen. Ein gutes Futter ist Blatta orientalis, event. auch Mehlwürmer.

Prüfung der operierten Eidechsen.

Bei den Eidechsen hat man zu prüfen

1. Die willkürliche Bewegung durch direkte Beobachtung, was bei diesen

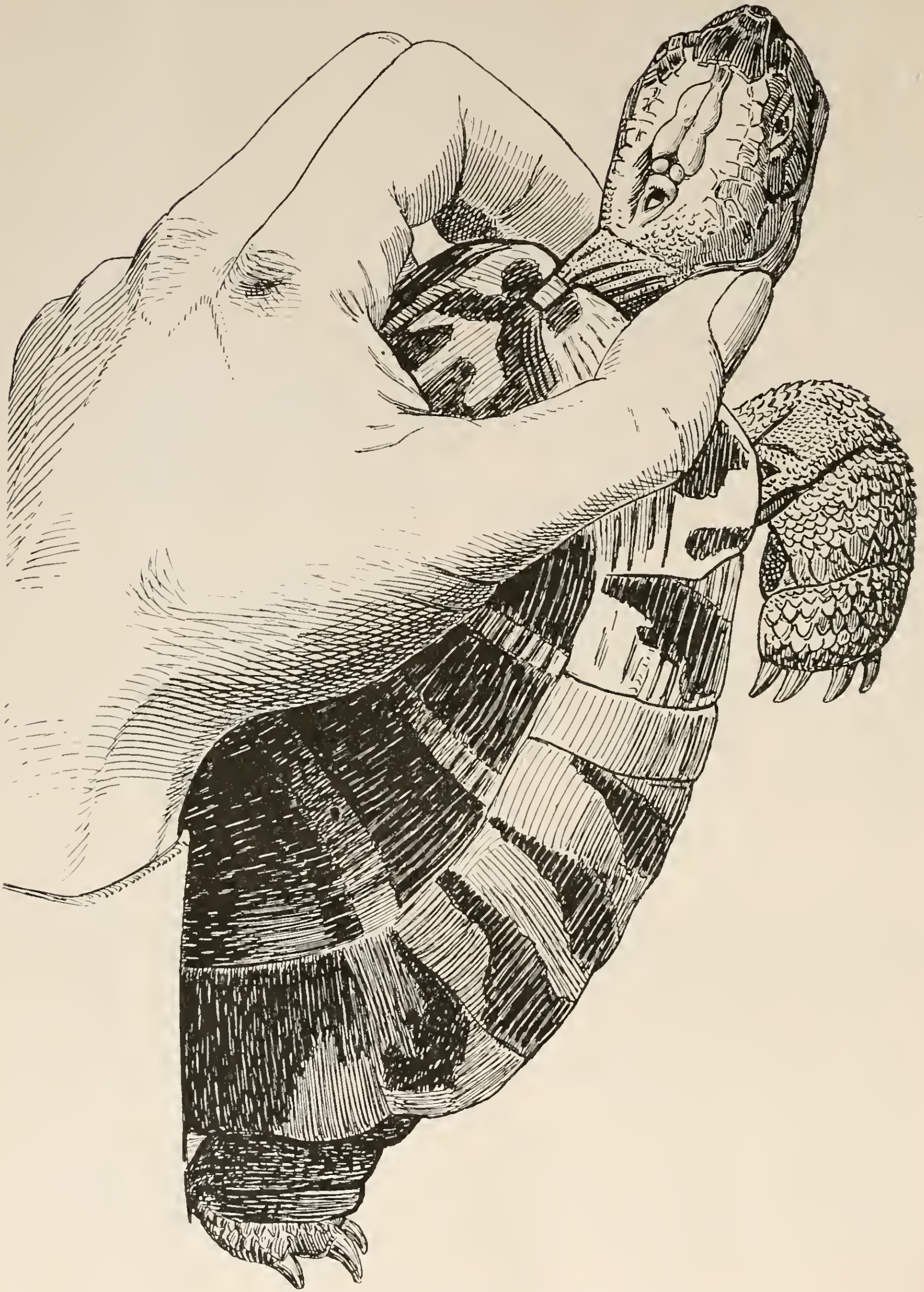


Fig. 33.

sehr lebhaften Tieren leicht festzustellen ist a) dadurch, daß man ihnen einfach entgegentritt, b) durch drohende Bewegung mit der Faust oder dem Stock gegen die Augen. Hat man die Operation nur einseitig gemacht, so drohe man abwechselnd gegen das eine und das andere Auge.

2. Die willkürliche Nahrungsaufnahme durch Anbieten von Futter (lebende Blatta orientalis oder Mehlwürmer).

3. Die Sehfähigkeit dadurch, daß man ihnen Hindernisse in den Weg stellt und sie mechanisch zur Bewegung anregt.

4. Das Gleichgewicht, indem man sie bei dem Kriechen an dem Gitter ihres Käfigs beobachtet, oder noch deutlicher, indem man ein anderes Gitter mit größeren Öffnungen seitlich gegen die Wand stellt. Dabei prüft man

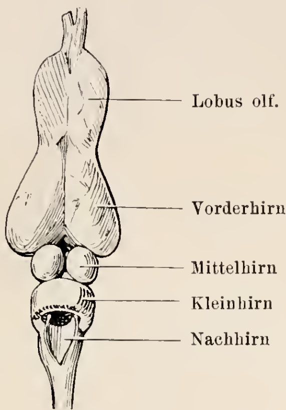


Fig. 34.



Fig. 35.

zugleich die Sehfähigkeit nach einer weiteren Methode, indem man nämlich beobachtet, ob sie etwa durch die Löcher des Gitters hindurchfallen oder sie vermeiden. Endlich bringt man die Tiere in Rückenlage und beobachtet, ob sie dieselbe einhalten oder in die Normallage zurückkehren.

2. Die Schildkröten (Chelonia).

Für das Experiment kommen in Betracht die Seeschildkröten (Atlantisches und Mittelmeer), die Süßwasserschildkröten (Emys europaea) und die Landschildkröten (Testudo graeca — Süditalien).

Zu der vorliegenden Beschreibung dient als Unterlage eine Testudo graeca von 14 cm Länge (Länge des Panzers der Bauchseite), von 12 cm Breite, 8 cm Höhe und 530 g Gewicht.

Für die Operation braucht man keinen besonderen Halter, sondern man legt das Tier einfach auf den Tisch vor sich hin, stützt die linke Hand bzw. das Handgelenk flach auf den Rückenpanzer, was man ja beliebig kräftig machen kann und hält mit den Fingern derselben Hand den hervorgezogenen Kopf sachgemäß fest. In Fig. 33 ist der ganze Vorgang anschaulich in

natürlicher Größe gezeichnet. Man kann die Schildkröte eventuell vorher noch ein paar Züge Äther nehmen lassen, um sie leicht zu betäuben, aber nötig ist das nicht, da sie sich in dieser Haltung ausreichend ruhig verhält.

Zur Vorbereitung der Schädelöffnung raspelt man die Kopfdecke von dem unteren Teile der ersten oralwärts gelegenen viereckigen Schuppe angefangen nach unten bis zur deutlichen Hautgrenze so ab, daß man die knöcherne Schädeldecke glänzend schimmern sieht. Nun schneidet man mit der Knochenzange an der unteren Grenze jener Schuppe ein und versucht nach dem Vorgange bei der Eidechse einen Knochenlappen abzuheben. Alles übrige wie bei der Eidechse. In der Fig. 34 ist dasselbe Gehirn isoliert in doppelter Größe gezeichnet. In Fig. 35 ist ein Gehirn von Thalassochelys caretta (Seeschildkröte) daneben gesetzt, an dem man wieder die auffallende Größe des Lob. olfact. sehen kann.[1])

Funktionsprüfung der Schildkröte.

Die Schildkröten sind im allgemeinen träge Tiere und ermöglichen wohl keine großen Resultate, aber immerhin wird man prüfen können 1. die willkürliche Bewegung 2. die Koordination der Bewegungen 3. die willkürliche Nahrungsaufnahme und die Sehfähigkeit.

Eidechsen, See- und Landschildkröten liefern Augusto Tartagli in Brozzi presso Firenze und T. Rimanich, Zara-Barcagno in Dalmatien.

Anhang.

Reizung im Zentralnervensystem.

Von den üblichen Reizarten kann die thermische und chemische Reizung von vornherein als unzweckmäßig ausgeschaltet werden. Aber auch die mechanische Reizung möchte ich auf den einen Fall beschränken, daß man das Tectum opticum mit kleinem, feuchtem, in der Pinzette gehaltenen Schwämmchen leise streicht, wonach deutlich Augenbewegungen auftreten.

Somit bleibt nur die elektrische Reizung, welche in der Form der unipolaren Reizung und jener durch den Induktionsstrom zur Anwendung kommen kann. Für den letzteren Fall benutzt man kleinste Hakenelektroden.

Die Schwierigkeit dieser Reizmethode liegt in der genügenden Lokalisierung des Reizes, weshalb man stets mit schwächsten Strömen zu beginnen und dafür zu sorgen hat, daß das Reizgebiet möglichst frei von Gewebsflüssigkeit bleibt.

IV. Vom Rückenmark.

Die Methodik der Untersuchung des Rückenmarks ist bei allen hier zu behandelnden Tieren prinzipiell die gleiche und kann deshalb gemeinsam behandelt werden.

---

[1]) Diese Figur, sowie die Figg. 12, 16, 24, 30 sind nach Präparaten im Heidelberger zoolog. Institut angefertigt, deren Benutzung mir mit gewohnter Liberalität Prof. Bütschli gestattete, wofür hier meinen Dank.

Was zu beschreiben ist, ergibt sich hier a priori aus der Funktionsprüfung, welche sich nur auf 3 Fragen erstreckt, nämlich:

1. nach der Bewegungsfähigkeit (Lokomotion),
2. nach der Einhaltung des Gleichgewichts und
3. nach der Reflextätigkeit des Rückenmarks.

Zu diesem Zwecke hat man das Rückenmark vom Gehirn durch einen einfachen Querschnitt zu trennen und wird das am besten tun in der Gegend oberhalb des Abganges der Nerven für die Vorderextremitäten, und zwar deshalb hier, weil an dieser Stelle bei allen Tieren die Atemnerven das Zentralorgan schon verlassen haben, so daß die Atmung und das Leben der Tiere erhalten werden kann.

Man macht diesen Schnitt bei Fischen wie oben unter künstlicher Atmung, bei den Amphibien (spez. Frosch) nach entsprechender Befestigung, bei den Eidechsen nach Ätherisierung und entsprechender Befestigung, bei den Schildkröten ebenso.

Die Befestigung vom Frosch geschieht in der Weise, daß man den Frosch auf ein entsprechend großes, einfaches Brettchen in normaler Weise aufsetzt und die 4 Extremitäten in ausgestrecktem Zustande befestigt. Letzteres kann in sehr verschiedener Weise geschehen und hat jedes Laboratorium seine eigene Manier.

Die einfachste Methode ist die, daß man an den entsprechenden Stellen dieses Brettchens 4 Nägel entsprechend tief einschlägt, die Extremitäten an den Hand- und Fußgelenken mit Bändern umschlingt und die Schlingen an den Nägeln befestigt. Oder aber man befestigt an den Stellen, wohin die ausgestreckten Extremitäten zu liegen kommen, vier Streifen von festem Gummiband oder nicht zu hartem Leder (Länge 4, Breite $1\frac{1}{2}$ cm). Diese Streifen, welche schräg gegen die Längsachse des Brettchens zu liegen haben, werden an ihren beiden Enden mit kurzen Nägeln befestigt und die Extremitäten unten durchgesteckt. Diese Befestigung wird stets ausreichen.

Da auf diese Weise der Rumpf des Tieres, namentlich in der mittleren Gegend, gern hohl liegt, so kann man kleine Holzröllchen unterschieben, um diese Einbuchtung auszugleichen.

Bei den Eidechsen wird man besser auf jenem Brettchen den Rumpf selbst befestigen, indem man in der Gegend, wo der Gürtel- und Beckenteil zu liegen kommt, seitlich vom Rumpf je 2 Löcher bohrt, durch diese je ein etwa 1 cm breites gewöhnliches Band zieht und seine Enden entweder über den Rücken des Tieres weg oder unterhalb des Brettchens knotet. Man wird deshalb zweckmäßig dieses Froschbrettchen an seinen 4 Ecken mit 4 flachen Füßchen von etwa 3 cm Quadrat versehen.

Bei den Schildkröten wird man den hervorgezogenen Kopf vorn von einem Assistenten halten lassen und im übrigen, wie beim Gehirn angegeben, verfahren.

Die Eröffnung des Rückenmarkskanales geschieht mit Pinzette, Schere und event. der Knochenzange nach den allgemeinen Regeln und an den anatomisch gegebenen Stellen, die Durchschneidung des Rückmarkes selbst mit dem Messerchen in Fig. 27. Die entstandene Wunde kann man entweder durch eine Gelatinekapsel schließen oder bei den Haut tragenden Tieren (Frosch, Schildkröte) durch Naht.

In praxi stellt sich die Sache aber viel einfacher, denn es genügt, alle diese Tiere einfach zu köpfen, da das isolierte Rückenmark das Individuum überlebt und zwar hinreichend lange und in einem Zustande, um den landläufigen Versuchen ausreichend zu dienen. Die Köpfung erfolgt bei den Knorpelfischen mit einem festen Messer, bei den Knochentieren mit einer kräftigen Schere.

Die Funktionsprüfung.

Wenn man ein auf die eine oder andere Weise erhaltenes Rückenmarkstier beobachtet, so hat man in erster Linie festzustellen, ob dieser Torso Ortsbewegung, Lokomotion, macht, oder ob derselbe auf Reize nur mit mehr oder weniger geordneten Reflexbewegungen antwortet. In dieser Beziehung sind am meisten interessant die Haifische und Rochen, die Neunaugen, die Störe und der Aal; Tiere, welche man nach der Köpfung einfach in das Wasser bringt und beobachtet, inwieweit sie noch schwimmen können. Dabei hat man darauf zu achten, daß die Lokomotion eine koordinierte, eine normale ist, d. h. ob sie in der normalen Stellung oder in einer anderen Lage erfolgt. Man prüft weiterhin noch ihr Gleichgewichtsvermögen dadurch, daß man sie auf den Rücken legt und zusieht, ob sie noch in die normale Bauchlage zurückkehren.

Diese Versuche erfahren eine Erweiterung dadurch, daß man die geköpften Tiere in ein Pikrinsäurebad von wenigstens 1 $^0/_0$ bringt, durch welches öfter Bewegungen noch ausgelöst werden, die vorher nicht aufgetreten waren.

Für Amphibien und Reptilien gilt dieselbe Art der Beobachtung.

Es sei noch besonders darauf aufmerksam gemacht, daß man namentlich bei Haifisch und Eidechse bei weiterer stückweiser Abtragung des Rückenmarkes resp. des Leibes von vorn nach hinten noch neue Tatsachen zu sehen bekommt, die im Gebiete der Lokomotion liegen. Auch den Amphioxus lanceolatus einfach mit der Schere zu zerstückeln und die Bewegungen der Teile zu beobachten, ist von Interesse.

Endlich sei bemerkt, daß Amphioxus und von den Neunaugen Petromyzon Planeri und Ammocoetes sich für gewöhnlich in den Sand einbohren, so daß sie in demselben ganz verschwinden oder nur mit dem Schwanzende herausgucken, während sie sich einfach platt auf die Seite legen, wenn kein Sand da ist. Das Flußneunauge (P. fluviatilis) saugt sich mit seinem Saugmunde an festen Gegenständen (Steinen, Glasscheiben usw.) fest.

Weiter soll die Darstellung der Reflexe, wie sie zuerst von E. Pflüger gelehrt worden ist und seither Gemeingut jeder Vorlesung bildet, hier beschrieben und etwas ergänzt werden.

Bekanntlich wird dieser Reflexversuch am geköpften Aale so gemacht, daß man durch das vordere Ende des Rumpfes einen festen Faden zieht, denselben knotet und den Torso an einem beliebigen Stativ in freier Schwebe aufhängt. (Man macht den Versuch auch am ganzen Tiere nach Entfernung des Gehirns inklusive Nachhirn und die Aufhängung durch ein Stativ mit einer Klemme, welche den Kiefer faßt.)

Sobald der Aal ruhig hängt, beginnt die Reizung an seiner Körperoberfläche mit Hilfe einer Wärmequelle (thermische Reizung), wozu man

in einfachster Weise eine brennende Kerze verwendet; eine Methode, welcher offenbar der Mangel anhaftet, daß der Reiz nicht genau lokalisiert werden kann.

Einen solchen lokalisierbaren Reiz erzielt man am besten, wenn man von einem Heliostaten aus das Sonnenbildchen auf den Aalleib wirft, nachdem dasselbe eine bikonvexe Linse von 300 mm Brennweite passiert hat: man erhält damit ein Bildchen von 5 mm Durchmesser, welches die Aalhaut ausreichend reizt. Ein solcher Versuch ist äußerst elegant und einfach.

Da die Sonne bei uns sehr unbeständig ist, kann man sie durch eine gewöhnliche elektrische Bogenlampe ersetzen, deren Licht man durch eine plankonvexe Linse von 20 mm Brennweite und 12 mm Durchmesser leitet: man erhält ein Bildchen von $2\frac{1}{2}$ mm Durchmesser.

Für diese Versuche eignen sich unter den Fischen neben dem Aal namentlich der Haifisch und das Neunauge, doch wird man für den Haifisch mit seiner festen Haut den Reiz noch etwas stärker nehmen müssen.

Eine andere Methode besteht darin (chemische Reizung), daß man die Körperoberfläche z. B. mit verdünnten Säuren reizt. Für Frösche ist die Anordnung so zu treffen, daß das Präparat frei aufgehängt ist und die schlaff herabhängenden Beine in verdünnte Essig- oder Schwefelsäure getaucht werden, welche sich in weiteren Reagensgläsern befinden, die man von unten her entweder mit freier Hand oder durch eine mechanische Anordnung in die Höhe und in die richtige Lage bringt. Eine Konzentration der Säure von 0,2 % wird im allgemeinen genügen. Mit einem Metronom bestimmt man genauer die sog. Reaktionszeit oder Reflexzeit, d. h. die Zeit, welche verfließt vom Beginn der Reizung bis zum Eintritt der Bewegung (Türck).

Wenn man andere Teile der Körperoberfläche reizen will, so legt man das Präparat flach auf den Tisch bzw. das Brettchen und bringt die Säure mit einem Glasstab an die betreffende Stelle heran.

Mechanisch reizt man die Haut des ebenfalls flach aufliegenden Präparates durch Druck, wobei das allgemeine Gesetz der Erregung deutlicher zu beobachten ist, daß plötzlicher Druck kräftiger wirkt, als wenn er allmählich einwirkt. Man kann den Reiz so langsam einwirken lassen, daß gar kein Effekt eintritt. Geköpfte Tritonen zeigen bei flachem Aufliegen und mehanischem Reize gewisse Abweichungen von dem Pflügerschen Reflexgesetze (Luchsingers gekreuzte Reflexe).

Sehr wirksam und abstufbar ist die elektrische Reizung durch den Induktionsstrom, wobei bemerkt sei, daß der Einzelschlag weniger wirksam ist, als es eine Anzahl rasch aufeinander folgender Reize sind (Summation der Reize).

Reizt man (im Gegensatz zur Haut) die Nervenstämme selbst, so fallen die Resultate etwas anders aus. Jedenfalls aber schlägt man diesen Weg ein, wenn man die Reflexzeit numerisch genauer mit Hilfe der zeitmessenden Methoden bestimmen will (H. Helmholtz, Wundt, Rosenthal u. a.). Die Reflextätigkeit ist weiter zu prüfen unter dem Einfluß wechselnder Temperaturen (Cayrade), sowie unter dem des Sauerstoffes (Verworn) und von Giften (Strychnin u. a.). Eintritt von Ermüdung ist fraglich.

V. Die einseitigen Operationen im Zentralnervensystem.

Die in der Überschrift angedeuteten Operationen sollen zunächst besagen, daß gedacht sind einseitige Operationen, durch welche die Hälfte der einzelnen Hirnteile abgetragen bezw. entfernt werden.

Diese Abtragungen sind, was eigentlich ganz selbstverständlich ist, mit derselben Sorgfalt auszuführen, welche bei den totalen oder doppelseitigen Abtragungen zur Anwendung gekommen waren.

So wird man einseitig entfernen das Großhirn, das Zwischenhirn, das Mittelhirn sowohl als Ganzes, wie nur seine Decke, sowie das Kleinhirn.

Man macht die einseitige Abtragung des Großhirns mit dem Messerchen Fig. 27, während für die Abtragung des Zwischen- und Mittelhirns sich die

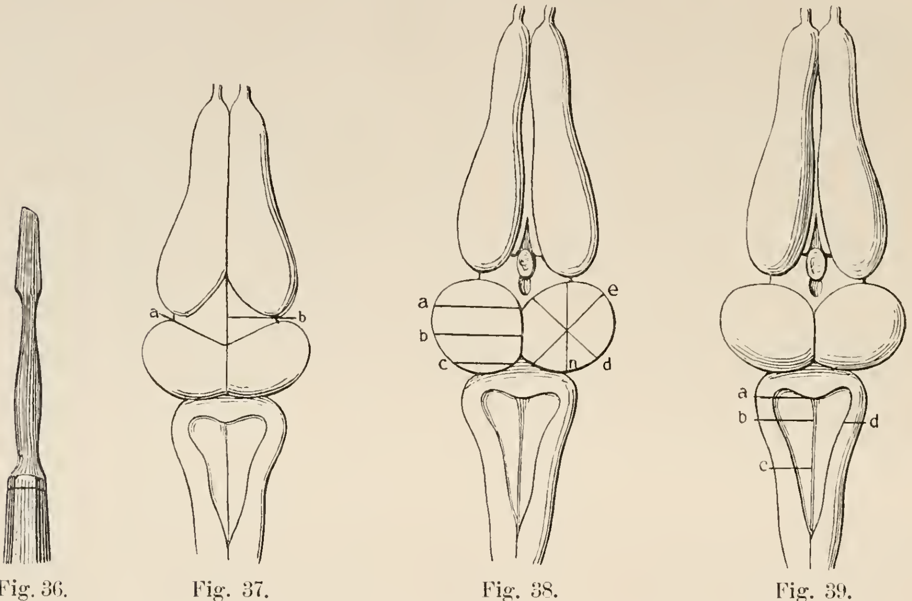


Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39.

Notwendigkeit herausgestellt hat, ein halbes Lanzenmesser, wie in Fig. 36, in Gebrauch zu nehmen, d. h. für den Schnitt auf der Grenze von Zwischen- und Mittelhirn, sowie namentlich für den Schnitt auf der hinteren Grenze des Mittelhirns. Die halbe Lanze wirkt auf allen Punkten gleichzeitig, die Kontinuität der Substanz unterbrechend; niemals zerrend, wie es das gewöhnliche Messer, z. B. in Fig. 7, tut und die Kontinuität erst allmählich unterbrechend.

Das Kleinhirn durchschneidet man mit der Bajonettschere erst genau in der Mitte und dann an der einen Seite, wo es in den Wulst des Nachhirns übergeht. Das halbe Kleinhirn fällt dann heraus.[1]

Das Nachhirn kann man nicht halbseitig entfernen, der Eingriff wäre zu schwer. Es ist das aber auch nicht nötig, denn die einfache einseitige Durchschneidung mit dem Messer in Fig. 27 leistet alles, was wir wünschen.

Diese Erfahrung führte zu den Versuchen, auch nur einseitige Schnitte in den anderen Teilen des Gehirns auszuführen. Solche sind in den Figuren 37 und 38 dargestellt.

Wenn man die einseitige Abtragung oder auch nur den einseitigen Schnitt gemacht hat, so eile man, das Tier in seinen Behälter zu bringen, am besten wieder möglichst allein, weil die Bewegungen nach den einseitigen Verletzungen besonders heftig sind und das Gelingen des Versuches gefährden. Frei von jedem Reiz, den schon das Halten des Tieres in der Hand ausübt, und isoliert in seinem Behälter, tritt am ehesten die notwendige Beruhigung ein.

Die systematische Prüfung beginne man, abgesehen von den Fischen, bei denen man das Resultat im Wasser unmittelbar zu sehen bekommt, erst am nächsten Tage und dehne die Beobachtung niemals zu lange aus.

Man kann ebenso einseitige Schnitte in das Rückenmark machen, welche nach den allgemeinen Regeln anszuführen sind.

Endlich sei noch auf folgenden Versuch hingewiesen: Man trage bei einem Haifisch das Mittelhirn einseitig ab, z. B. rechtsseitig: der Fisch bewegt sich dann links im Kreise herum und ist außerstande, eine andere Richtung einzuschlagen. Köpft man diesen Hai nach etwa 12—20 Stunden, so hält das geköpfte Tier, das nur noch sein Rückenmark hat, dieselbe Kreisbewegung ein, obwohl die einseitige Verletzung des Rückenmarkes an sich niemals zu dieser Kreisbewegung führen kann.

Anhang.

Einseitige Durchschneidung der peripheren Nerven.

Die Durchschneidung der das Zentralnervensystem verlassenden peripheren Nerven, die man zunächst einseitig macht, pflegt sich auf wenige Fälle zu beschränken. Unter diesen war der N. octavus bevorzugt, von dem hier abgesehen werden soll, da er an anderer Stelle bzw. von einem anderen Autor ausführlich behandelt wird.

Will man andere Hirnnerven durchschneiden, so wird man am ehesten zum Ziele gelangen, wenn man die Hirnkapsel eröffnet und die Nerven an der Wurzel aufsucht, was an der Hand der Abbildungen (Fig. 12, 16 und 23) kaum Schwierigkeiten machen kann. Man wird dabei zweckmäßig die Hirnteile, welche im Wege stehen, mit dem Schaufelchen (Fig. 10) sanft beiseite schieben und mit dem Sichelmesser (Fig. 11) den Nerven durchschneiden. Der nötige Abschluß der Hirnkapsel bietet heutigentags bei keiner der hier betrachteten Tierklassen irgendeine Schwierigkeit.

Bei den Nerven, welche das Rückenmark verlassen, kann man in gleicher Weise verfahren.

Das meiste Interesse hat beim Frosch die isolierte Durchschneidung der vorderen und hinteren Rückenmarkswurzeln, welche die Nerven für die hintere Extremität liefern. Das sind die 8—10 Spinalnerven, welche aus der Lendenanschwellung entspringend, jene beiden Nerven (Nn. ischiadicus und cruralis) zusammensetzen. Die Wurzeln liegen innerhalb des Wirbelkanals vom 6. bis 8. Wirbel hin, welche demnach zu eröffnen sind.

Man verfährt in folgender Weise: Der Frosch wird in Bauchlage auf

dem Brettchen befestigt, die Rumpfhaut vom Steißbein aus in der Mittellinie bis unterhalb der Vorderextremitäten getrennt. Der Wirbel oberhalb des Steißbeins ist der neunte, von dem aus man nach oben bis zum sechsten abzählt. Mit einem stumpfen Messer schält man zu beiden Seiten dieser Wirbelkörper die Muskeln ab, so daß die Wirbelbögen frei liegen, welche vom 6. bis 8. Wirbel mit einer feinen Schere oder mit einer Knochenzange abgetragen werden. Hat man die Rückenmarkshäute vorsichtig entfernt und etwaige Blutung durch Abtupfen mit zarten Schwämmchen (wie beim Gehirn) gestillt, so sieht man die hellweiß schimmernden Nervenwurzeln neben dem grauen Filum terminale liegen, das aus dem Conus medullaris kommt, in welches gerade vor dem 7. Wirbel das Rückenmark übergegangen ist. Mit einem feinen Häckchen erhebt man die hintere Wurzel, umschlingt sie mit feinem Faden und prüft ihre Qualität am einfachsten mit einem Zinkkupferbogen, dessen Metalle an ihren freien Enden in feine Spitzen auslaufen: Reizung unterhalb des Fadens ist ohne Effekt, oberhalb der Unterbindung erfolgen Reflexbewegungen. Darauf holt man die untere bzw. vordere Wurzel hervor und erhält bei gleichem Verfahren das umgekehrte Resultat: Reizung unterhalb der Ligatur-Bewegung des Beines, oberhalb nichts (Versuch zum Nachweis des Bell-Magendieschen Gesetzes von der getrennten Funktion der vorderen und hinteren Nervenwurzeln).

Durchschneidet man zunächst nur die hintere Wurzel, schließt die Hautwunde durch Naht und hängt diesen Frosch frei an einem Stativ auf, so sieht man das Bein der operierten Seite tiefer, ganz ausgestreckt herunterhängen als auf der unoperierten Seite, wo namentlich eine Beugung im Kniegelenk deutlich ist (Brondgeestscher Reflextonus). Die Reizung des sensibel gelähmten Beines ist völlig wirkungslos: entfernt man den Frosch vom Stativ und läßt ihn Sprungbewegungen machen, so erfolgen die Bewegungen dieses Beines unkoordiniert.

Hat man die vordere Wurzel durchschnitten, so ist das Bein der operierten Seite völlig gelähmt und wird bei allen Sprüngen bewegungslos nachgeschleppt, während die Reizung der Haut Bewegung der anderseitigen Extremität zur Folge hat.

Zu diesen Versuchen braucht man die allergrößten Frösche.

Ein fertiges Instrumentarium liefert W. Walb Nachfolger, Heidelberg.

Literatur.

1) Stieda, L., Über das Gehirn der Knochenfische. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. 20, 1870.

2) Mayser, P., Vergl. anatom. Studien über das Gehirn der Knochenfische mit besonderer Berücksichtigung der Cyprinoiden. Ebenda 1881.

3) Rabl-Rückhard. Das Großhirn der Knochenfische und seine Anhangsgebilde. Archiv f. Anatomie von His und Braune. 1883.

4) Ecker-Gaupp. Die Anatomie des Frosches. Braunschweig 1896—1904.

5) Edinger, L., Bau der nervösen Zentralorgane. Bd. II. Vergl. Anatomie des Gehirns. 7. Aufl., Leipzig 1908.

6) Rolando, L., Saggio sopra la vera struttura del cervello dell' uomo e degli animali e sopra le funzioni del systema nervoso. Sassari 1809.

7) Flourens, P., Rech. expériment. sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. 1. éd., Paris 1824; sec. éd., Paris 1842.

8) Desmoulins, A. et Magendie, Anatomie des systèmes nerveux des animaux à vertébrés. Paris 1825.

9) Volkmann, A., Artik. „Gehirn" in Wagners Handwörterb. d. Physiol. Braunschweig 1844.

10) Müller, Joh., Handb. d. Physiol., Bd. I. Coblenz 1844.

11) Longet, Anatomie und Physiologie des Nervensystems. 1847.

12) Pflüger, Ed., Die sensorischen Funktionen des Rückenmarkes. Berlin 1853.

13) Vanbeneden, P. J., Note sur la symmétrie des poissons Pleuronectes dans leur jeune âge. Bulletins de l'Académie Belgique, T. XX, 1853.

14) Renzi, Saggio di fisiologia sperimentale sui centri nervosi della vita psichica nelle quattro classi degli animali vertebrati. Annal. universal. di medicina etc., Vol. 186, 1863.

15) Steenstrup, J. J. S., Observations sur le développement des Pleuronectes. Annal. d. sciences natur. Zoologie II, 1864.

16) Vulpian, Leçons sur la physiologie générale et compar. du système nerveux. Paris 1866.

17) Cayrade, Sur la localisation des mouvements réflexes. Robins Journal 1868.

18) Goltz, Fr., Beiträge zur Lehre von den Funktionen der Nervenzentren des Frosches. Berlin 1869.

19) Onimus, Rech. expériment. sur les phénomènes consécutifs à l'ablation du cerveau et sur les mouvements de rotation. Robins Journal 1870—71.

20) Eckhard, „Gehirn und Rückenmark" in Hermanns Handb. d. Physiol. Leipzig. Bd. II, 1879.

21) Blaschko, Das Sehzentrum der Frösche. Berlin 1880.

22) Birge, F. A., Über die Reizbarkeit der motorischen Ganglienzellen des Rückenmarkes. Du Bois-Reymonds Archiv f. Physiol. 1882.

23) Chabry, L., Sur l'équilibre des poissons. Robins Journal 1884.

24) Baudelot, Rech. expériment. sur les fonctions de l'encéphale des poissons. Annal. des scienc. natur. 1884, I.

25) Fano, Saggio sperim. nella testuggine. Firenze 1884 v. Sul nodo deambulatorio bulbare. Genova 1885.

26) Vulpian, Sur la persistance des mouvements volontaires dans les poissons

osseux à la suite de l'ablation des lobes cérébraux. Compt. rend. de l'Académie des sciences de Paris 1886, T. CII et T. CIII.

27) Schrader, M. E. G., Zur Physiologie des Froschgehirnes. Pflügers Archiv, Bd. 41, 1888.

28) Löb, J., Pflügers Archiv, Bd. 50, 1891.

29) Bickel. A., Ebenda, Bd. 65, 1892.

30) Ewart und Mitschel, Lateral sense Organs of Elasmobranchs. Transact. Roy. Soc. of Edinburg 1892.

31) Martin, H., Sur les mouvements produits par la queue du lézard après anésthésie. Compt. rend. de la Société de Biologie. Paris 1893.

32) Dubois, Raph., Sur les mouvements de la queue coupée du lézard anésthésié. Ebenda 1893.

33) Schépilof, Rech. sur les nerfs et les fonctions du cerveau chez les grenouilles. Paris 1897.

34) Pompilian, M., Automatisme de la moëlle du triton. Société de Biologie Paris 1899.

35) Phelps Allis jr., The lateral Sensory Canals etc. of Mustelus laevis. Quart. Journ. microsp. scienc., Bd. 54, 1902.

36) Hofer, B., Studien über die Hautsinnesorgane der Fische. I. Teil. Die Funktion der Seitenorgane der Fische. Berichte der Biologischen Versuchstation in München 1907.

37) Türck., L., Zeitschrift d. k. k. Gesellschaft der Ärzte in Wien 1851.

38) Cayrade, J., Rech. critiques et expérimentales s. les mouvements réflexes. Thèse, Paris 1864.

39) Setschenow, J., Über die elektrische und chemische Reizung der sensiblen Rückenmarksnerven des Frosches. Graz 1868.

40) Verworn, Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1900. Suppl.-Bd.

41) Schiff, L., Lehrbuch d. Physiologie der Menschen. Bd. I. Lahr 1858—59.

42) Cl. Bernard, Leçons s. l. physiologie et la pathologie du systéme nervenx I. 1858.

43) Cl. Bernard, Leçons s. les anésthésiques et s. l'asphyxie, Paris 1875.

44) Helmholtz, H., Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Abhandl. d. Berliner Akademie, 1854.

45) Wundt, W., Über den Reflexvorgang u. das Wesen der zentralen Innervation. Stuttgart 1876.

46) Rosenthal, J., Monatsber. d. Königl. Preuß. Akad. d. Wissenschaften in Berlin 1873.

47) Steiner, J., Die Funktion des Zentralnervensystems und ihre Phylogenese. Braunschweig 1885—1900 (Fische. Amphibien, Reptilien etc.).

Druck von August Pries in Leipzig.